

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Univerzitní studijní programy

**Moderní řídicí systém EDC – návrh a realizace modelu
pro ověřování vlastností vstupních/výstupních obvodů**

**Modern Control System EDC – Design and Practical
Realization of a Model for Verifying of the Input/Output
Circuits Properties**

Student:

Jan Fojtík

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Šimoník, PhD.

Ostrava 2014

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Fojtík**

Studijní program: **B3943 Mechatronika**

Studijní obor: **3906R007 Automobilová elektronika**

Téma: **Moderní řídicí systém EDC - návrh a realizace modelu pro ověřování vlastností vstupních/výstupních obvodů**
Modern Control System EDC - Design and Practical Realization of a Model for Verifying of the Input/Output Circuits Properties

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte teoretický rozbor a analýzu funkčních možností řídicí jednotky BOSCH EDC 16.
2. Na základě poznatků dosažených řešením bodu 1 a dle specifikace vedoucího navrhnete a prakticky realizujete laboratorní panel pro testování automobilových řídicích jednotek BOSCH EDC 16. Přesné požadavky na elektronické funkční možnosti panelu budou konkrétně zadány.
3. Proveďte praktické měření na realizovaném laboratorním panelu a vypracujte konkrétní úlohu pro praktickou výuku předmětu Automobilová elektronika II.

Seznam doporučené odborné literatury:

VLK, F.: Elektronické systémy motorových vozidel 1, 2. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2002, ISBN 80-238-7282-6

VLK, F.: Elektrická zařízení motorových vozidel. Prof. Ing. František Vlk, DrSc., nakladatelství a vydavatelství, Brno 2005, ISBN 80-239-3718-9

ŠTĚRBA, P.: Elektrotechnika a elektronika automobilů. Computer press, Praha, 2004

ERJAVEC, J.: Automotive Technology: A Systems Approach, 4th Edition, USA 2004, Thomson Learning, 1401 str., ISBN 1-4018-4831-1

RIBBENS, B., W.: Understanding Automotive Electronics, Sixth Edition, USA 2003, Elsevier Science, 480 str., ISBN 0-7506-7599-3

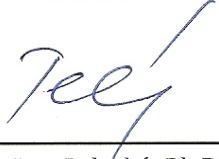
BOSCH technické brožury, žluté sešity 1996-2013

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Šimoník, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014


doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry

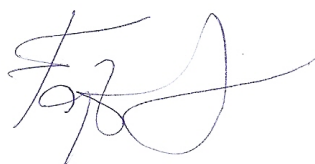



prof. Ing. Petr Noskovič, CSc.
prorektor pro studium

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 19. 5. 2014

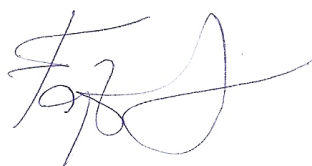


.....
podpis

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19. 5. 2014



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jan Fojtík

Adresa trvalého pobytu autora práce: Jandova 39/68, Hlučín – Darkovičky, 748 01

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl především poděkovat Ing. Petru Šimoníkovi, Ph.D. za ochotu, trpělivost, odborné vedení, cenné rady a především čas, který mi věnoval při tvorbě této bakalářské práce.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je vytvoření laboratorního panelu pro ověřování vlastností vstupních a výstupních obvodů řídicí jednotky motoru BOSCH EDC 16. V úvodní teoretické části je popsán teoretický rozbor, vývoj, analýza a možnosti elektronické regulace vznětového motoru EDC. Hlavní praktická část této práce je zaměřena na návrh a realizaci laboratorního panelu s řídicí jednotkou BOSCH EDC 16. Součástí praktické části jsou měření ověřující funkčnost panelu a jednotlivých vstupních/výstupních obvodů včetně naměřených hodnot a vykreslených charakteristik. Tyto hodnoty jsou rovněž porovnány s hodnotami, které předepisuje výrobce. Dalším výstupem práce jsou přílohy, jejichž součástí jsou laboratorní úlohy pro výuku.

Klíčová slova

Akční členy, čerpadlo-tryska, EDC, ECU, elektronická regulace, Common Rail, řídicí jednotka, snímač, vznětový motor.

Annotation

The aim of this thesis is to create a laboratory panel for evaluating the properties of the input and output circuits of the engine control unit Bosch EDC 16. The theoretical part describes the analysis, development and possibilities of electronic control diesel engine EDC. The main practical part of this thesis focuses on the design and implementation of laboratory panel to control the unit BOSCH EDC 16. The practical part of the measurements deals with verifying the functionality of a panel input / output circuits including measured values and plotted characteristics. These values are also compared with the values prescribed by the manufacturer. Another outcome of this work are attachments, which include laboratory exercises for teaching.

Key words

Actuators, Pump-Injector (UIS), EDC, ECU, Electronic Control, Common Rail, Electronic Control Unit, Sensor, Diesel Engine.

Seznam použitých zkratek a symbolů

Zkratky

ABS (Anti-lock Brake Systém)	Protiblokovací brzdový systém
ADC (Analog/Digital Converter)	Analogově digitální převodník
ASIC (Application Specific Integrated Circuit)	Integrované obvody specifické pro aplikaci
ASR (Anti-Slip Regulation)	Systém regulace prokluzu kol
CAN (Controller Area Network)	Řídící automobilová sběrnice
CO	Oxid uhelnatý
CPU (Central Processing Unit)	Mikroprocesor
CR (Common Rail)	Vstřikovací systém s tlakovým zásobníkem
ECU (Electronic Control Unit)	Řídící jednotka motoru
EDC (Electronic Diesel Control)	Elektronická regulace vznětového motoru
EGR (Exhaust Gas Recirculation)	Recirkulace výfukových spalin
EOBD (European On-Board Diagnostic)	Evropská palubní diagnostika
ESP (Electronic Stability Program)	Elektronický stabilizační systém
EEPROM	Elektronicky mazatelná paměť
Flash EPROM	Elektricky programovatelná paměť s libovolným přístupem
HC	Uhlovodíky
LIN (Local Interconnect Network)	Typ sběrnice- místní propojení sítě
MSR (Motor Schleppmoment Regelung)	Regulace prokluzu
NOX	Oxidy dusíku
NTC (Negative temperature coefficient)	Termistor se záporným teplotním koeficientem
OBD (On-Board Diagnostic)	Palubní diagnostika
PD (Pumpe – Düse)	Vstřikovací systém čerpadlo tryska

PE	Řadová vstřikovací čerpadla
PT	platinový termistor
PWM (Pulse Width Modulation)	Pulzně šířková modulace
RAM (random-access memory)	Elektronická paměť s náhodným přístupem
ROM (Read Only Memory)	Elektronická paměť pro čtení
SID	Označení EDC pro výrobce SIEMENS
SMD (surface mount device)	Součástky určené pro povrchovou montáž
TDI (Turbocharged Direct Injection)	Obchodní název přeplňovaných vznětových motorů s přímým vstřikováním koncernu Volkswagen
UIS (Unit Injector System)	Sdružená vstřikovací jednotka čerpadlo - tryska
UPS (Unit Pump System)	Sdružený vstřikovací systém čerpadlo – vedení – tryska.
VE-EDC	Rotační vstřikovací čerpadla řízená hranou
VE-M	Rotační vstřikovací čerpadla řízená elektromagnetickým ventilem
VR-M	Rotační vstřikovací čerpadla řízená elektromagnetickým ventilem

Symbols

i	Počet válců
M	Hmotnost nasávaného vzduchu
n	Polytropický exponent
$n_{\text{mot}} [\text{ot/min}]$	Otáčky motoru
$p [\text{bar}]$	Tlak vzduchu za turbodmychadlem
$p_0 [\text{bar}]$	Tlak vzduchu před turbodmychadlem
$V_{\text{mot}} [\text{cm}^3]$	Zdvihový objem motoru
μ	Účinnost plnění
$\rho [\text{kg/m}^3]$	Hustota nasávaného vzduchu

OBSAH

1	ÚVOD	10
2	TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1	VÝVOJ REGULACE VZNĚTOVÉHO MOTORU	11
2.2	ELEKTRONICKÁ REGULACE VZNĚTOVÝCH MOTORŮ, EDC	12
2.3	SYSTÉMOVÉ BLOKY EDC	13
2.4	ŘÍDICÍ JEDNOTKA EDC	14
2.5	REGULACE EDC	18
2.6	VÝVOJ A VYUŽITÍ EDC V SOUČASNOSTI	21
2.7	VYUŽITÍ BOSCH EDC 16	21
3	PRAKTICKÁ ČÁST	26
3.1	NÁVRH LABORATORNÍHO PANELU	26
3.2	REALIZACE LABORATORNÍHO PANELU	27
3.3	LABORATORNÍ PRACOVISTĚ	29
4	MĚŘENÍ	31
4.1	MĚŘENÍ OBVODU SNÍMAČE TEPLoty CHLADICÍ KAPALINY	32
4.2	MĚŘENÍ OBVODU SNÍMAČE TEPLoty PALIVA	34
4.3	MĚŘENÍ OBVODU SNÍMAČE TEPLoty NASÁVANÉHO VZDUCHU	36
4.4	MĚŘENÍ SNÍMAČE PEDÁLU AKCELERACE	38
4.5	MĚŘENÍ OBVODU SNÍMAČE PLNÍCÍHO TLAKU	41
4.6	MĚŘENÍ OBVODU SNÍMAČE HMOTNOSTI VZDUCHU	43
4.7	MĚŘENÍ OBVODU SNÍMAČŮ TEPLot VÝFUKOVÝCH PLYNŮ	49
4.8	MĚŘENÍ OTÁČEK MOTORU	53
5	ZÁVĚR	55
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ	56
7	SEZNAM PŘÍLOH	57

1 Úvod

Význam elektroniky v motorových vozidlech je zajisté nepostradatelný. Vývoj, spolehlivost a rozsah použití jde stále kupředu. Ačkoli dříve vozidla byla schopna jezdit jen s minimem elektronických prvků, dnes je tato představa téměř nemožná. Nejen nároky na řízení motorů a následné zvýšení jeho výkonu, hospodárnosti a snížení emisí výfukových plynů vedli k zavedení elektroniky do motorových vozidel. Dnešní vozidla se již také neobejdou bez elektronických systémů zvyšující bezpečnost a komfort řidiče a posádky, jako jsou například systémy ABS, ESP a klimatizace.

Spolu s vývojem elektroniky motorových vozidel rostly samozřejmě nároky na propojovací kabeláž a komunikaci příslušných řídicích jednotek. Podstatnou úsporou kabelového vedení je zavedení komunikačních sběrnic. V oblasti automotive se nejvýrazněji uplatnila sběrnice CAN a LIN. Tyto sběrnice umožňují řídicím jednotkám jednotlivých systémů výměnu informací z příslušných snímačů a akčních členů vozidla. Tato skutečnost vedla k zavedení spolehlivých řídicích jednotek s vysokou rychlostí a přesností pro dané operace tak, aby byly uspokojeny výše zmíněné požadavky.

Tato bakalářská práce se zabývá systémem řízení vznětového motoru EDC. Systém EDC je jedním z nejpoužívanějších systémů současnosti pro dieselové motory, který se neustále vyvíjí a je modifikován. V teoretické části této práce je popsáno využití systému EDC, základní rozdělení, vývoj systému, jeho koncepce a logika řízení. Práce si klade za cíl vyrobení demonstračního modelu se systémem BOSCH EDC 16 pro ověřování jeho vlastností vstupních a výstupních obvodů. Praktická část této práce popisuje návrh modelu, realizaci a vlastní měření. Součástí této práce jsou přílohy obsahující praktické úlohy pro výuku.

2 Teoretická část

2.1 Vývoj regulace vznětového motoru

rok 1922 – společnost BOSCH začala s vývojem vstřikovacích systému pro vznětové motory

rok 1927 – nástup prvních řadových vstřikovacích čerpadel

rok 1962 – první rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem

rok 1976 – koncepce rotačního vstřikovacího čerpadla s automatickým přesuvníkem vstřiku

rok 1986 – první elektronicky řízené rotační vstřikovací čerpadlo – vyvinuta regulace EDC

rok 1994 – první systém UIS (PD, čerpadlo-tryska) pro užitková vozidla

rok 1995 – první systém UPS (čerpadlo-vedení-tryska)

rok 1996 – první rotační vstřikovací čerpadlo s radiálními písty

rok 1997 – první systém s tlakovým zásobníkem Common Rail

rok 1998 – první systém UIS (PD, čerpadlo – tryska) pro osobní vozidla

Významný mezník ve vývoji nastal tedy v roce 1986 se zavedením elektronické regulace vznětového motoru, která prochází neustálou modifikací a používá se dodnes.

Díky neustálému vývoji vznětových motorů a zvyšujícím se nárokům na jejich výkon, hospodárnost, emise výfukových plynů apod. jsou kladeny také vyšší požadavky na elektronickou regulaci, která musí zajistit například vyšší tlaky, rychlejší spínací časy a pružné přizpůsobení průběhu vstřiku za všech provozních podmínek. Splnění těchto nároků způsobilo zavedení vznětových motorů i do automobilů vyšší třídy, které dnes činí dieselový agregát téměř stejně tichý a ekologický, jako benzínový. Podstatnou výhodou dieselových motorů je rychlejší nástup a vyšší spektrum krouticího momentu již od nízkých otáček, vyšší účinnost a nižší spotřeba.

2.2 Elektronická regulace vznětových motorů, EDC

Elektronické řízení vznětového motoru umožňuje přesné vypočty dávkování paliva k množství nasátého vzduchu při všech jízdních režimech – startování, zahřívání, volnoběh, akcelerace, decelerace a různé druhy zatížení v závislosti na spotřebě paliva a emisí výfukových plynů. Tyto požadavky lze zajistit jen přesnou elektronickou regulací EDC (Electronic Diesel Control), kterou můžeme členit do tří systémových bloků:

- snímače a čidla předepsaných hodnot,
- řídící jednotka,
- akční členy.

Na rozdíl od klasických konvečních systémů řízení motoru, kdy je přímé spojení plynového pedálu s lanovodem a příslušným nastavovacím prvkem a tedy ovlivňování množství paliva a provozní stav závisí na vůli řidiče. U systému EDC tato přímá vazba odpadá. Řidič tedy nemá přímý vliv na množství vstřikovaného paliva prostřednictvím například plynového pedálu a lanovodu. Množství vstřikovaného paliva je tedy závislé na několika faktorech:

- požadavek řidiče dle sešlápnutí plynového pedálu,
- teplota motoru,
- provozní stav (funkčnost systému, náhradní režim apod.),
- zásahy dalších systémů (např. ABS, MSR, ESP),
- přizpůsobení v závislosti na emisí výfukových plynů a další.

Aktuální vývoj dieslových motorů vede ke snižování spotřeby paliva, zvyšování výkonu a snižování emisí škodlivých látek (NOX, CO, HC, pevné částice). Na moderní naftové agregáty také působí nároky na emise hluku a jízdní komfort. Tato skutečnost a současný trend vede především ke snižování zdvihového objemu motoru při nárůstu nebo zachování výkonu a kroutícího momentu. Tento fakt je docílen pouze přesnou regulací a stále vyspělejšími elektronickými prvky, které dokáží vylepšovat faktory jako jsou:

- vyšší vstřikovací tlaky,
- utváření průběhu vstřikování (předvstřik, následné dovstřikování),
- plnicí tlak a vstřikované množství jsou přizpůsobeny každému jízdnímu režimu,
- přizpůsobení startovací dávky v závislosti na teplotě motoru,
- regulace volnoběhu nezávislá na zatížení,

- regulace emisních norem (EGR ventily, filtry pevných částic),
- regulace rychlosti jízdy,
- dlouhodobá životnost.

Díky výrazně zvýšenému výpočetnímu výkonu mikroprocesorů, je elektronická regulace EDC schopna splnit výše uvedené požadavky. Systém EDC zahrnuje větší počet regulačních obvodů, které kromě vypočtení přesných veličin, jako je množství paliva a okamžik vstřikování, regulují také odchylky a podle závažnosti stanoví příslušná opatření, jako jsou například nouzový režim nebo krátkodobé omezení krouticího momentu.

Elektronická regulace rovněž umožňuje výměnu dat s ostatními systémy vozidla, jako jsou protiprokluzová regulace kol ASR, elektronické řízení převodovky nebo regulace stability podvozku ESP. Toto propojení a komunikace mezi systémy zajišťuje při spolupráci větší jízdní komfort a bezpečnost systémů. Například při řazení jednotlivých stupňů automatické převodovky, dochází ke krátkodobému omezení krouticího momentu, rovněž při spolupráci s ASR a ESP.

Systém EDC rovněž zahrnuje diagnostiku systému vozidla. Splňuje požadavky palubní diagnostiky OBD a evropské palubní diagnostiky EOBD. [2], [3]

2.3 Systémové bloky EDC

Snímače a čidla předepsaných hodnot

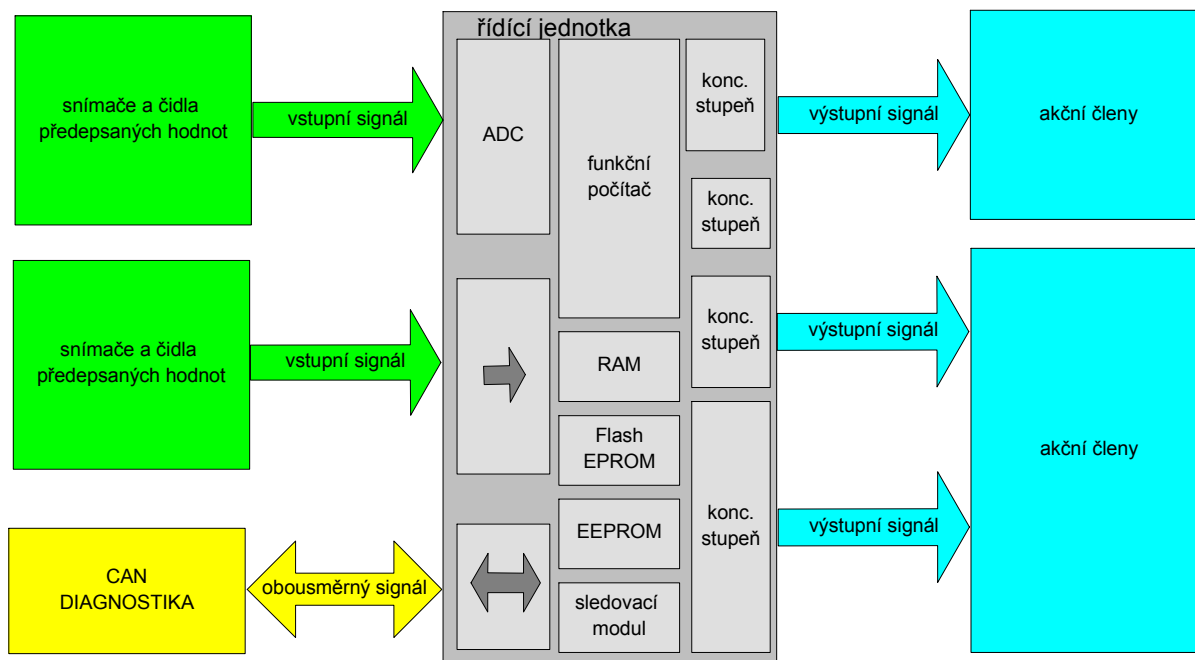
Snímače a čidla snímají provozní podmínky motoru (např. teplota, otáčky motoru) a převádějí fyzikální veličiny na elektrické signály pro další zpracování řídicí jednotkou. Zároveň monitorují předepsané hodnoty (např. polohy spínačů). Některé důležité veličiny, jako jsou například teplota nebo otáčky motoru mohou být snímány pomocí více snímačů, tak aby při výpadku jednoho z nich mohla řídicí jednotka nastavit náhradní hodnotu, případně nouzový režim pro schopnost provozu motoru.

Řídicí jednotka

Zpracovává signály snímačů a čidel za použití řídicích a regulačních algoritmů a dále řídí svými výstupními signály příslušné akční členy. Kromě toho tvoří rozhraní k dalším systémům prostřednictvím sběrnic a k diagnostice vozidla.

Akční členy

Prevádějí výstupní signály řídicí jednotky na mechanické veličiny prostřednictvím příslušné mechatroniky (elektronicky, elektropneumaticky, hydraulicky apod.)



Obr. 1. Systémové bloky EDC, zdroj: [1] str. 62, autorem upraveno

2.4 Řídicí jednotka EDC

Na řídicí jednotku jsou kladeny velké nároky při současném vystavování vysokému zatížení působením nežádoucích vlivů, jako jsou extrémní rozdíly okolních teplot (-40 až $+125$ °C), působení provozních látek (olej, palivo), okolní vlhkost a také mechanické vlivy (vibrace motoru).

Jednotlivé části řídicí jednotky jsou označovány jako hardware. Hardwarové sestavení může být pro různé typy vozidel a motorizací velmi podobné nebo i stejné. Důležitou částí je řídicí program (software), který je uložen v paměti řídicí jednotky. Mikrokontroler provádí funkce programu za využití dalších bloků jednotky.

Uspořádání plošného spoje s elektronickými prvky se nachází v kovovém utěsněném pouzdru, které zároveň slouží jako chladič. Většina elektronických prvků je osazena technologií SMD, pouze některé výkonové prvky a konektory jsou provedeny technikou provlékání vývodů. Koncové výkonové stupně pro přímou aktivaci akčních členů jsou

přímo integrovány v pouzdru řídicí jednotky. Akční členy, snímače, sběrnice a napájení je k řídicí jednotce připojeno většinou pomocí dvou mnohopinových konektorů. Snímač atmosférického tlaku je většinou integrován přímo v řídicí jednotce. Ostatní signály ze snímačů jsou do řídicí jednotky přiváděny přes kabelový svazek a mohou mít různou formu:

- analogové vstupní signály,
- digitální vstupní signály,
- impulzní vstupní signály.

Různá forma signálu vyžaduje rozdílné zpracování řídicí jednotkou. Analogové vstupní signály mohou nabývat jakoukoli hodnotu napětí v určitém rozsahu (většinou 0-5 V.) Příkladem těchto signálů jsou například signály ze snímače hmotnosti nasávaného vzduchu a plnicího tlaku. Tyto jsou pak v analogově-digitálním převodníku mikrokontroleru převáděny na digitální hodnoty, se kterými může dále mikrokontroler operovat.

Digitální vstupní signály mají pouze dva stavy – logická 1 a logická 0. Příkladem jsou spínací signály zapnuto/vypnuto nebo také impulzy Hallových snímačů (otáček apod.). Tyto signály mohou být mikrokontrolerem zpracovány přímo.

Impulzní vstupní signály ve tvaru impulzů z indukčních snímačů otáček jsou zpracovány v samostatné části obvodu řídicí jednotky. Důvodem je potlačení rušivých impulzů a impulzů otáček vztažených k značce a následný převod na digitální obdélníkový signál pro další zpracování mikrokontrolerem.

Všechny vstupní signály jsou za pomoci ochranného obvodu omezeny z hlediska povolené úrovně napětí, zbaveny rušivých signálů a dále připraveny k filtrování. V případě potřeby jsou také zesíleny na požadované vstupní napětí mikrokontroleru (0-5 V).

Řídicí jednotka představuje pro řízení motoru a chod všech jeho funkcí „mozek a srdce“ celého systému. V mikrokontroleru probíhají řídicí a regulační algoritmy na základě vstupních veličin ze snímačů. Tyto signály jsou v počítači znovu ověřeny pro jejich důvěryhodnost a v případě nesrovnalostí jsou vyhodnoceny jako chyba. Je-li to pro chod motoru možné, je počítáno s náhradní hodnotou tohoto signálu. V mikrokontroleru jsou na jednom čipu kromě centrální procesorové jednotky (CPU) integrovány také AD převodníky, časovače, paměti RAM a ROM, sériová rozhraní a další periferie. Mikrokontroler potřebuje pro svůj chod program – software, který je uložen v paměti.

Kromě programu jsou v paměti uloženy data charakteristik a pole charakteristik. Tyto data jsou během provozu vozidla neměnná. Ovlivňují řízení motoru a průběh regulace pomocí programu. Řídící jednotka pro svůj chod může využívat několik druhů pamětí ROM, RAM, EPROM, Flash-EPROM, EEPROM.

ROM je programová permanentní paměť. Jedná se o paměť určenou pouze ke čtení, její obsah je pevně stanoven výrobcem a nelze změnit. Ukládací kapacita integrované ROM paměti mikrokontroleru je omezena, pro složitější operace je nutná další přídavná paměť.

EPROM je takzvaná vymazatelná a programovatelná paměť ROM. Je provedena většinou jako samostatná součást. Její zápis se provádí programátorem, vymazání za pomoci osvětlení ultrafialovým světlem. CPU komunikuje s EPROM prostřednictvím adresové a datové sběrnice. V současné době se již pro nové aplikace nepoužívá.

RAM paměť zajišťuje ukládání všech aktuálních hodnot. Je to dynamická paměť pro čtení i zápis. Je to energeticky závislá paměť a při vypnutí klíče zapalování jsou všechna obsažená data ztracena. Stejně jako u paměti EPROM probíhá komunikace mezi pamětí a procesorem pomocí adresové a datové sběrnice.

Flash – EPROM často označována pouze jako paměť „Flash“. Paměť Flash-EPROM může být rovněž integrována s mikrokontrolerem na jednom mikročipu (BOSCH EDC 16 a vyšší). Díky svým přednostem jako je mazatelnost elektronickou cestou – možnost přeprogramování v servisním středisku přes sériové rozhraní bez nutnosti otevření ECU, překonává běžné možnosti paměti EPROM.

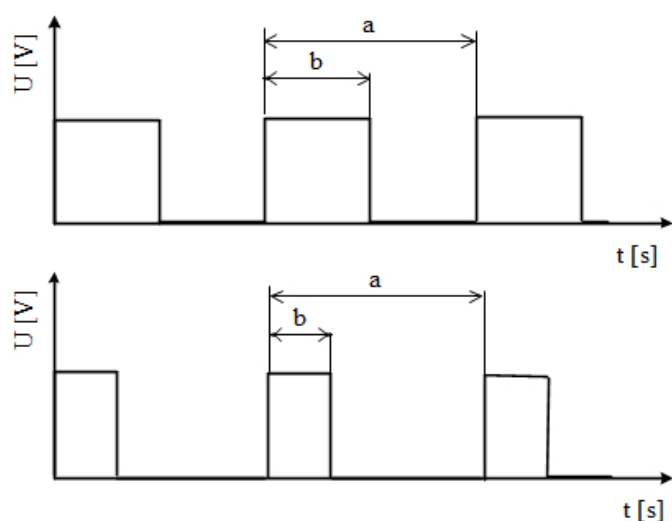
EEPROM je paměť využívána pro informace, které nesmí být po odpojení napájecího napětí ztraceny na rozdíl od paměti RAM. Jedná se tedy o energeticky nezávislou paměť. Tyto paměti se využívají pro data s kódem imobilizéru, VIN a pro data s chybovými kódy – paměť závad. Z tohoto důvodu je navržena pro vyšší počet zapisovacích cyklů. EEPROM – elektronicky vymazatelná EPROM má výhodu oproti Flash-EPROM, kdy je možno každou paměťovou buňku vymazat jednotlivě.

Výstupní signály jsou aktivovány prostřednictvím koncových stupňů řídicí jednotky, jež řídí mikrokontroler. Tyto koncové stupně obvykle disponují dostatečným výkonem pro přímé spojení s příslušným ovládaným akčním členem. V opačném případě koncové stupně aktivují pouze ovládací relé (např. spínací signál pro relé větráku motoru). Tyto

obvody jsou také chráněny proti zkratu na kostru nebo napětí akumulátoru. Tyto poruchy, stejně jako rozpojení příslušného obvodu jsou monitorovány a hlášeny jako závada. Mimo spínací signály disponuje řídicí jednotka signály PWM – modulované šířkou impulzů. Jsou to obdélníkové signály s konstantní frekvencí ale rozdílnou dobou sepnutí. Díky těmto signálům mohou akční členy zaujmout různou pracovní polohu (např. ventily recirkulace spalin, ovladače tlaku přepřínování, apod.) nebo zajistit výhřev tepelných prvků (např. vyhřívání lambda sondy).

Spolu se zvyšujícími se složitostmi a možnostmi řídicí jednotky již standardní mikrokontroléry nestačí a díky těmto požadavkům byly zavedeny moduly ASIC (Application Specific Integrated Circuit), v překladu integrované obvody specifické pro aplikaci. Tyto moduly představují řešení. Jsou vyvíjeny v souladu s danými požadavky, mohou obsahovat přídavnou paměť RAM, vstupní/výstupní kanály a vytvářet signály PWM.

Řídicí jednotka také disponuje vlastní kontrolou – self diagnostikou, skrze kterou monitoruje sama sebe. O tento proces se stará celá řada vnitřních obvodů, které komunikují s mikrokontrolerem, např. skrze SPI. V případě, že zachytí závadu, mohou nezávisle na sobě použít náhradní funkci – nouzový režim. [1],[3],[5]



Obr. 2. Signály PWM, a – pevná frekvence, b – proměnná doba sepnutí

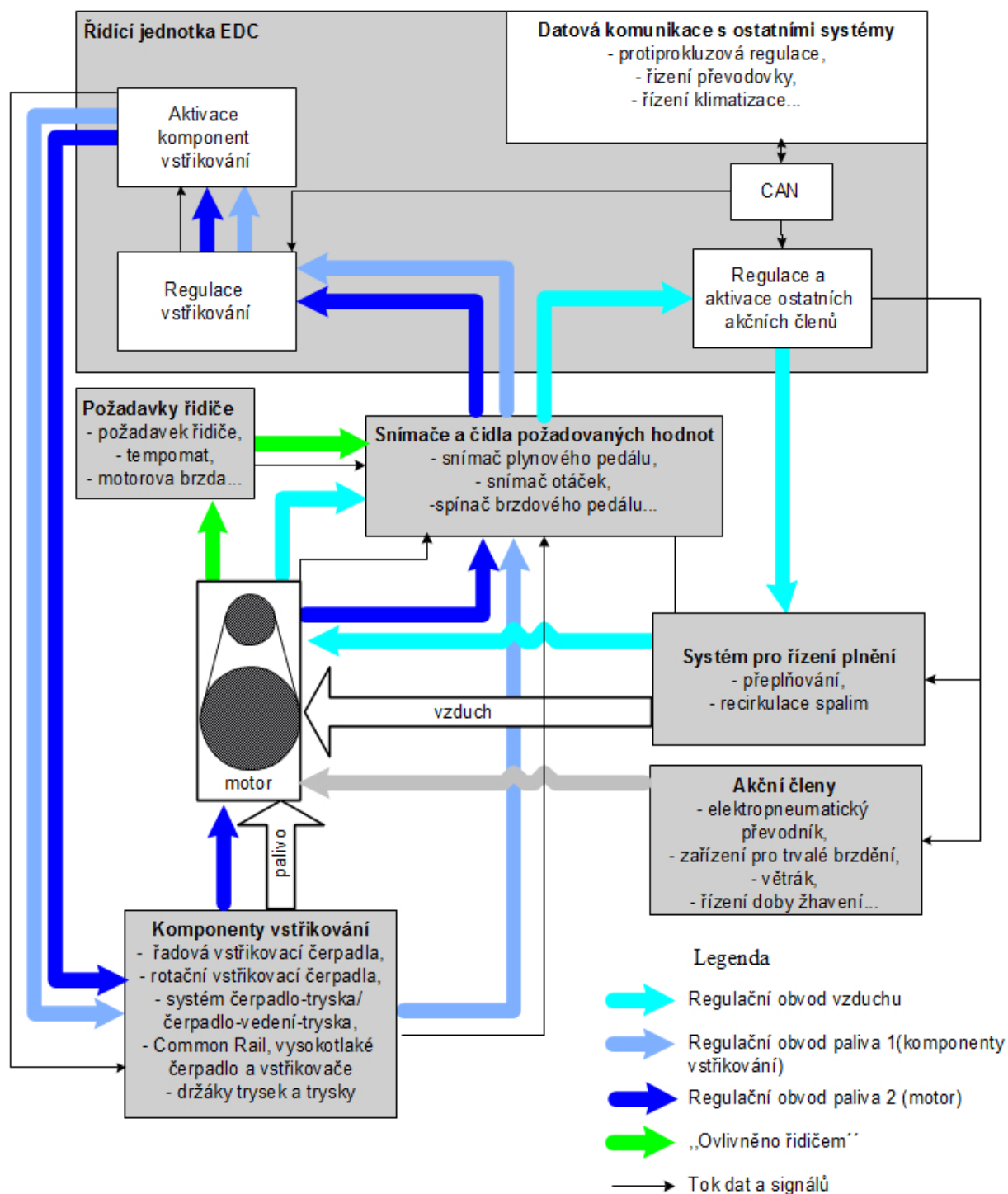
zdroj [3], autorem upraveno.

2.5 Regulace EDC

Hlavním úkolem elektronické regulace u vznětového motoru je řízení vstřikovaného množství a okamžiku vstřiku. Funkce regulace vznětového motoru musí být přesně přizpůsobena každému vozidlu a motoru. Jen v tomto případě mohou všechny komponenty spolehlivě spolupracovat.

Při regulaci ovlivňují vstupní veličiny výstupní veličiny, kdy počet vstupních veličin může být větší než počet výstupních a také naopak. Na základě předdefinovaných dat, polí, charakteristik a algoritmu se při určitých vstupních veličinách vypočítávají veličiny výstupní pro akční členy.

V oblasti řízení automotive rozeznáváme dva druhy regulací – v otevřené a uzavřené smyčce. Rozdíl těchto regulací spočívá v regulačním okruhu, tento okruh může být tedy otevřený nebo uzavřený. Při regulaci v otevřené smyčce účinek není kontrolován (otevřený průběh). Využití regulace v otevřené smyčce se využívá např. pro řízení funkce žhavicích svíček. Při regulaci v uzavřené smyčce je uzavřený průběh účinku, který je kontrolován. Skutečná hodnota je neustále porovnávána s předepsanou hodnotou. V případě že je rozpoznán rozdíl (regulační odchylka), je daná hodnota upravena příslušným akčním členem na hodnotu požadovanou. Takto jsou například regulovány volnoběžné otáčky motoru (např. při zapnutí klimatizace). EDC tedy v sobě spojuje několik regulačních obvodů. [2], [3], [5]



Obr. 3. Principální průběh elektronické regulace vznětových motoru
zdroj: [3] str. 67, autorem upraveno.

Tabulka 1: přehled funkcí variant EDC

Vstřikovací systém	Řadová vstřikovací čerpadla	Rotační vstřikovací čerpadla řízená hranou	Rotační vstřikovací čerpadla řízená el. mag. ventilem VE-M, VR-M	Sdružené vstřikovací jednotky a systémy	Systém Common Rail
	PE	VE-EDC		UIS, UPS	CR
Omezovací množství	•	•	•	•	•
Externí zásah do momentu	• ³	•	•	•	•
Omezení rychlosti jízdy	• ³	•	•	•	•
Regulace rychlosti jízdy	•	•	•	•	•
Korekce nadmořské výšky	•	•	•	•	•
Regulace plnicího tlaku	•	•	•	•	•
Regulace volnoběhu	•	•	•	•	•
Výkonnostní regulace	• ³	•	•	•	•
Aktivní tlumení škubání	• ²	•	•	•	•
Regulace BIP	-	-	•	•	-
Vypínání sacího kanálu	-	-	•	• ²	•
Elektronický imobilizér	• ²	•	•	•	•
Řízený předstřík	-	-	•	• ²	•
Řízení doby žhavení	• ²	•	•	• ²	•
Vypínání klimatizace	• ²	•	•	•	•
Přídavný ohřev chlad. kapaliny	• ²	•	•	-	•
Regulace klidného chodu	• ²	•	•	•	•
Regulace vyrovnávání množství	• ²	-	•	•	•
Řízení větráku	-	•	•	•	•
Regulace recirkulace spalin	• ²	•	•	• ²	•
Regulace počátku vstřiku se snímačem	• ¹ 3	•	•	-	-
Vypínání válců	-	-	• ³	• ³	• ³
Regulace filtru pevných částic	-	-	-	•	•

1) jen řadová vstřikovací čerpadla se zdvihovým šoupátkem

2) jen osobní vozidla

3) jen nákladní vozidla

zdroj: [2] str. 68, autorem upraveno

2.6 Vývoj a využití EDC v současnosti

Jak již bylo zmíněno v úvodní kapitole této práce, vývoj a regulace vznětového motoru se postupně vyvíjel spolu s novějšími vstřikovacími systémy – od řadového vstřikovacího čerpadla až ke vstřikování Common Rail. Tento vývoj vedl samozřejmě k zavedení vždy příslušné elektronické regulace spolu s řídicí jednotkou, která obsluhuje daný systém.

U předního výrobce BOSCH v oblasti elektronických systémů v automotive můžeme mezi nejvýznamnější vývojové řady regulace vznětového motoru poslední doby zařadit tyto systémy:

- BOSCH EDC 15,
- BOSCH EDC 16,
- BOSCH EDC 17.

Systém řízení a regulace vznětového motoru BOSCH EDC 15 se nejvýznamněji využívá pro konstrukci motoru s rotačními vstřikovacími čerpadly (s axiálními i radiálními písty), pro vozidla se systémem čerpadlo-tryska (UIS, PDE) a rovněž pro vozidla s první generací systémů s tlakovým zásobníkem Common Rail. Systém EDC 15 je velice rozsáhlý a využívá jej několik automobilových společností. Dnes se již do nových vozů neaplikuje, avšak je stále moderní a využíván.

BOSCH EDC 16 je jeden z nejpoužívanějších systémů dnešní doby. Využívá se pro regulaci systému Common Rail i systému čerpadlo-tryska.

EDC 17 od společnosti BOSCH je zatím poslední vývojový stupeň využíván pro nejmodernější systémy Common Rail.

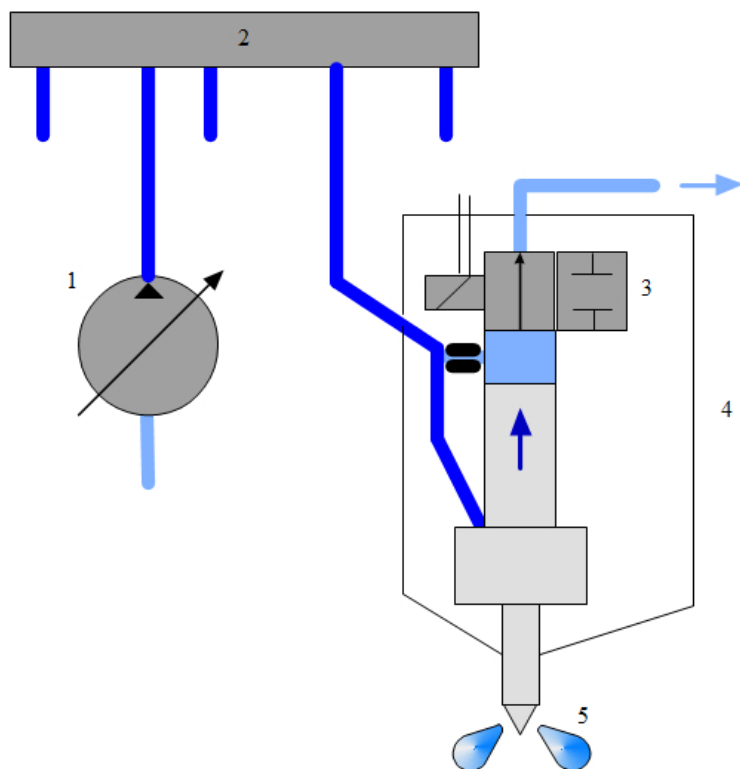
Samozřejmě, že v oblasti automotive nepůsobí jen společnost BOSCH, ale mezi další přední výrobce elektronických systémů a tedy systémů řízení vznětového motoru můžeme řadit také výrobce např. Magneti Marelli, Siemens (SID), DELPHI, VISTEON a další.

2.7 Využití BOSCH EDC 16

Systém EDC 16 je nástupcem systému EDC 15, kdy stejně jako jeho předchůdce je využíván pro řízení motoru se vstřikovacím systémem Common Rail a čerpadlo-tryska osobních i nákladních automobilů. Ačkoli v dnešní době je do nových vozidel aplikován již systém EDC 17, je EDC 16 stále nejpoužívanějším a nejrozsáhleji využívaným

systémem dnešní doby, jež využívají přední výrobci automobilů. Hlavní rozdíl mezi systémem Common Rail a čerpadlo-tryska je samotná konstrukce jednotlivých systémů.

Systém Common Rail využívá jedno vysokotlaké čerpadlo, tlakový zásobník (Rail) a příslušný počet vstřikovacích trysek napojených na Rail, vzhledem k počtu válců motoru. Je tedy odděleno vytváření tlaku a vstřikování. Vysoký tlak vytváří jedno vysokotlaké čerpadlo nezávisle na otáčkách motoru, který je dále regulován na požadovaný tlak regulátorem tlaku. Tento vysoký tlak je připraven v tlakovém zásobníku – Rail. Na Rail je napojen příslušný počet vstřikovačů. Tento systém nabízí maximální možnou flexibilitu při vytváření vstřikování a regulování tlaku. Okamžik vstřiku a vstřikované množství zajišťuje výpočet v řídicí jednotce.

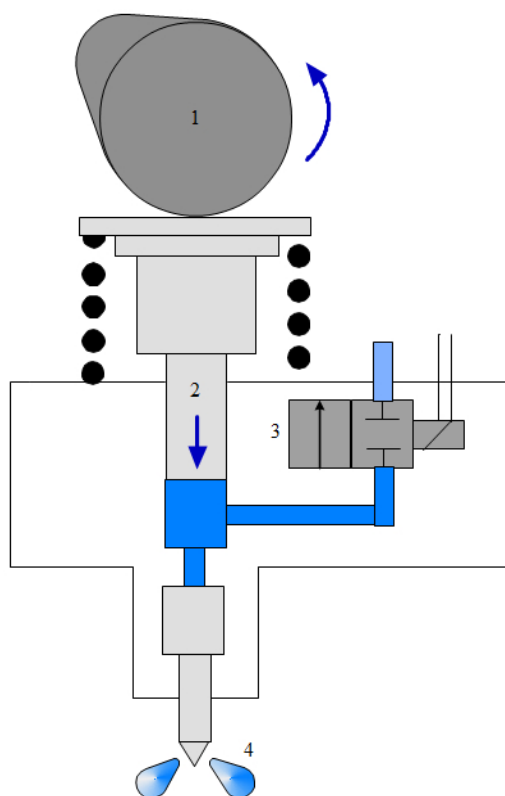


Obr. 4. Princip činnosti vysokotlakých komponentů systému Common Rail
zdroj: [3]str. 10, autorem upraveno

Legenda

- 1) vysokotlaké čerpadlo
- 2) tlakový zásobník – Rail
- 3) elektromagnetický ventil
- 4) vstřikovač
- 5) vstřikovací tryska

Oproti tomu systém čerpadlo - tryska, jak již vyplývá ze samotného názvu, sdružuje čerpadlo a vstřikovací trysku v jeden celek. Pro každý válec motoru je v hlavě umístěna jedna sdružená jednotka. Ta je poháněna přímo přes zdvihátko nebo nepřímo přes vahadlo prostřednictvím váčkového hřídele motoru. Maximální vytvořený tlak je 2200 barů. Vstřik je rovněž vypočten řídicí jednotkou a řízen otevřením a zavřením vysokotlakého vstřikovacího ventilu.



Obr. 5. Princip činnosti vysokotlakých komponentů sdružené vstříkovací jednotky čerpadlo – tryska.

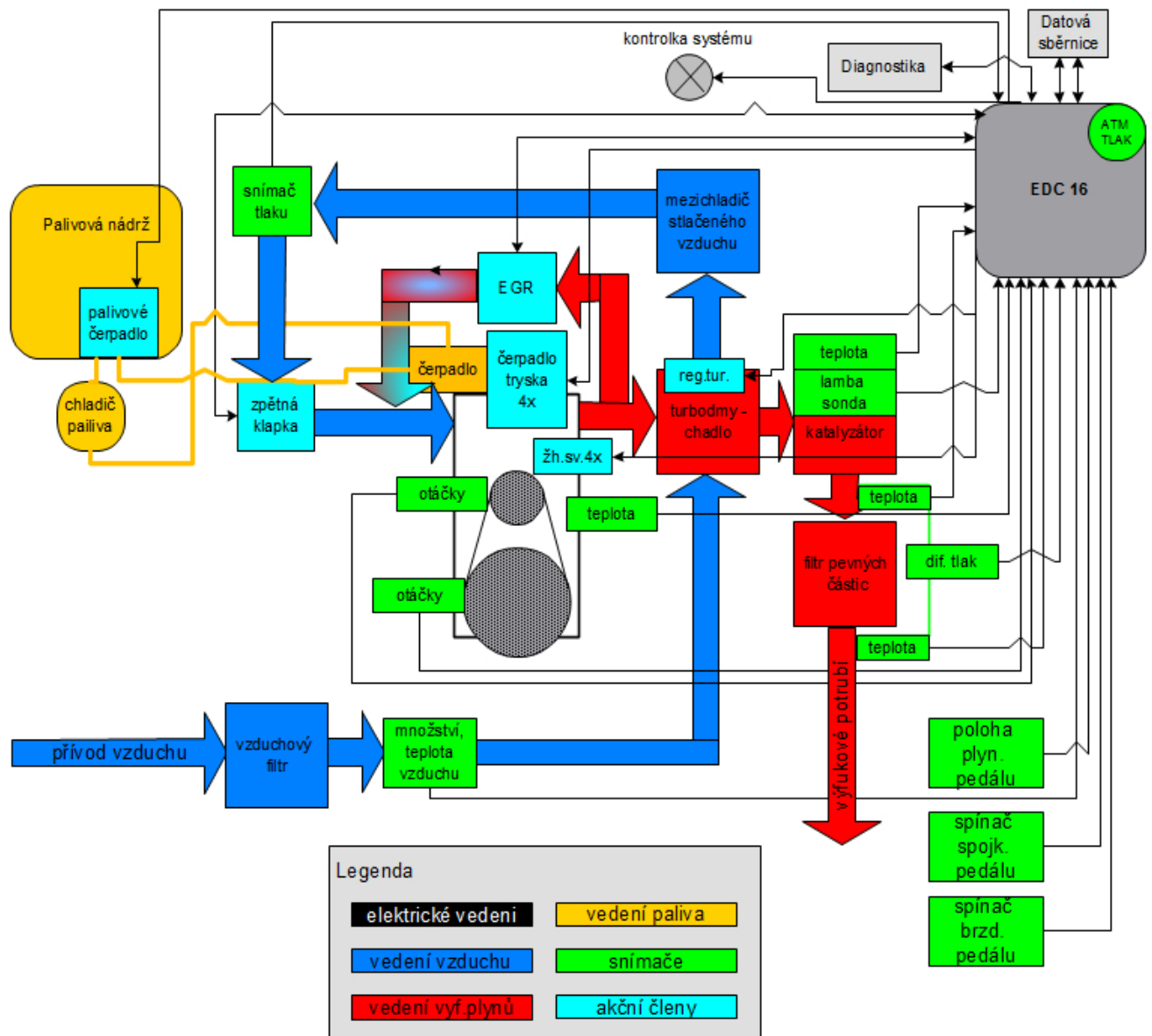
zdroj: [3] str. 9, autorem upraveno

Legenda

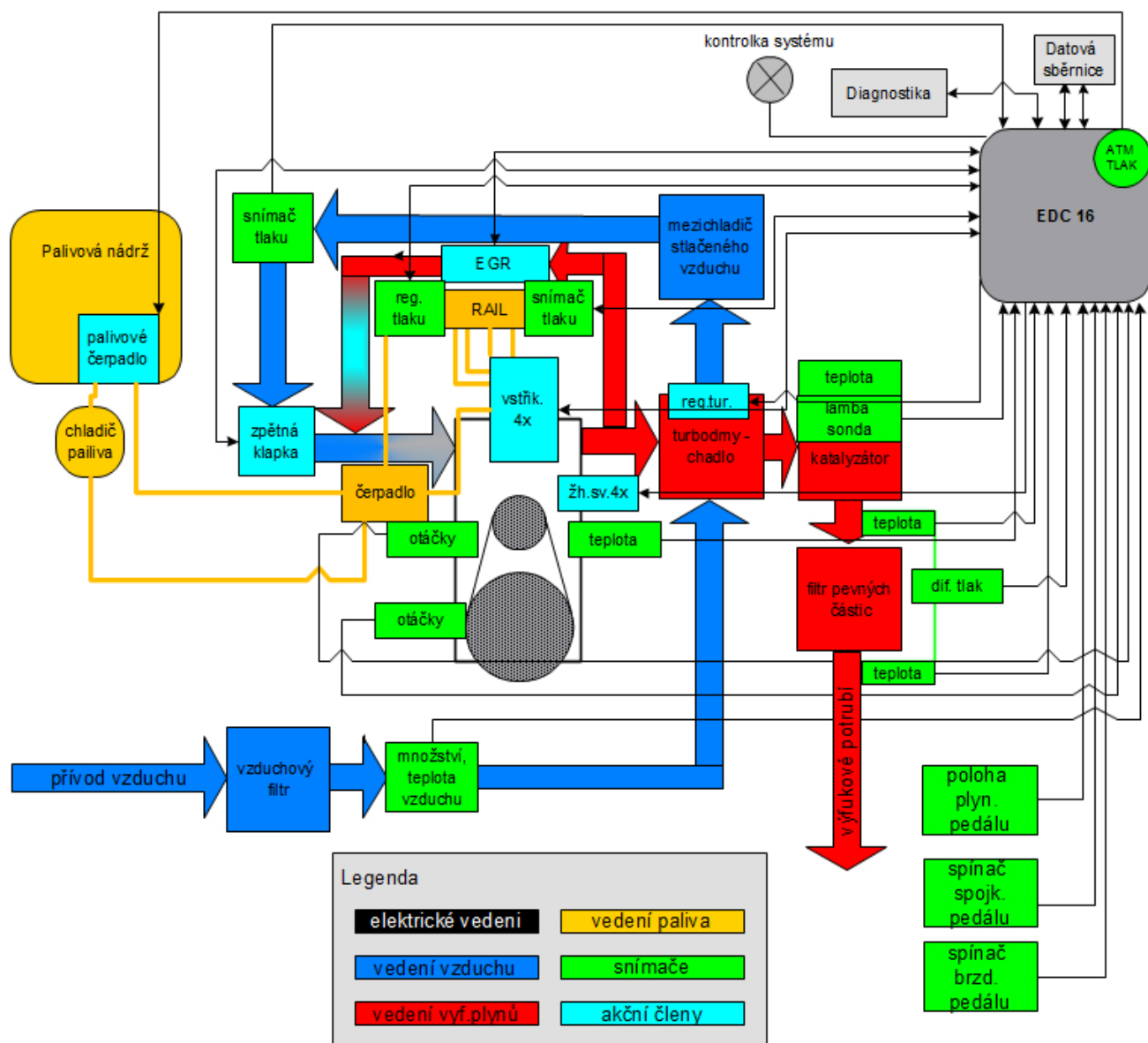
- 1) hnací váčky
- 2) píst čerpadla
- 3) elektromagnetický ventil
- 4) vstříkovací tryska

Vzhledem k emisním normám jsou tyto systémy také doplněny o prvky starající se o ekologii, tedy emise výfukových plynů. Kdy EDC 16 mimo samotné řízení motoru reguluje také tyto prvky, jako jsou EGR ventily či filtry pevných částic. Spojení přesné regulace řízení motoru spolu s těmito prvky vytváří dieselový agregát čistý a ekologický.

O výhodách a nevýhodách jednotlivých systémů můžeme spekulovat, avšak dnes již drtivá většina nových vozů využívá jen systém Common Rail.



Obr. 6. Funkční schéma řízení motoru s vstřikovacím systémem čerpadlo-tryska a řídicí jednotkou motoru BOSCH EDC 16



Obr. 7. Funkční schéma řízení motoru s vstřikovacím systémem Common Rail a řídicí jednotkou motoru BOSCH EDC 16

3 Praktická část

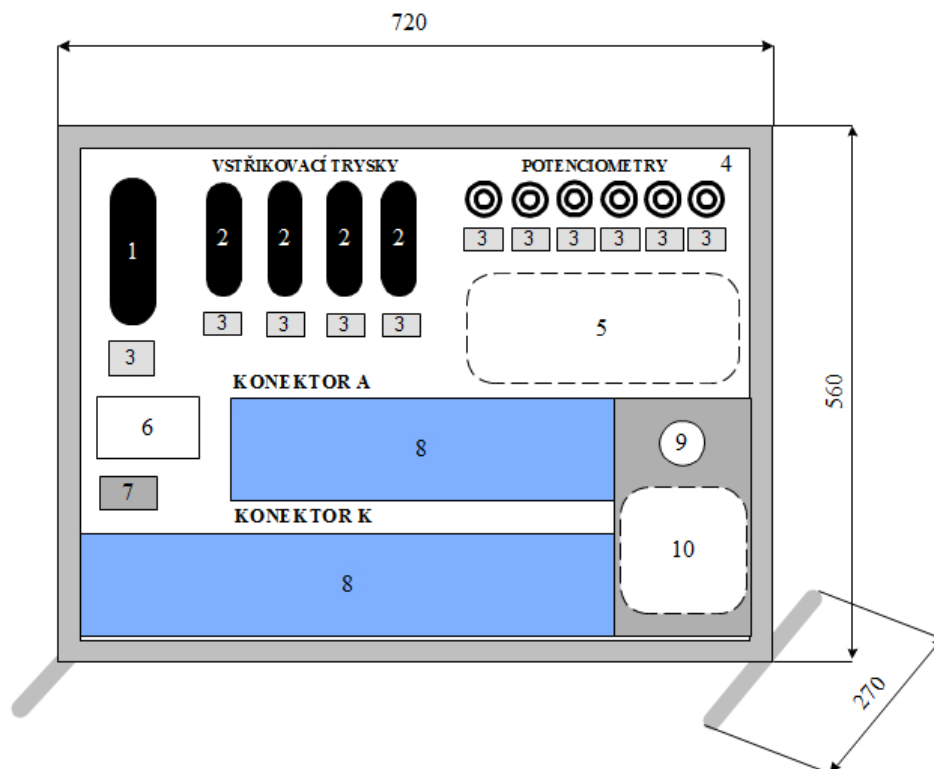
Pro realizaci laboratorního panelu byla zvolena řídicí jednotka motoru BOSCH EDC 16U34 z vozidla Škoda Superb II s motorizací 2.0TDI PD 103kW, kod motoru BMP. Důvodem bylo stále široké a moderní využití tohoto systému, dostupnost informací a komponentů vyžadujících pro realizaci.

3.1 Návrh laboratorního panelu

Krom samotné řídicí jednotky bylo nutné určit, jaké komponenty bude laboratorní panel obsahovat na základě schématu zapojení (příloha [B]). Všechny snímače teploty a polohy byli po zjištění požadovaných hodnot nahrazeny příslušnými potenciometry tak, aby bylo možno hodnotu plynule měnit a řídicí jednotka nevykazovala chybový stav. Ostatní snímače je možno nahradit příslušnou hodnotou napětí z laboratorního zdroje nebo signálem z generátoru signálu přivedeným na vyvedené svorky dle přiloženého zapojení (příloha [A]).

Z akčních členů bylo nutné pro provozu schopnost panelu zapojit vstřikovací trysky. Hlavním důvodem bylo, aby vstřikovací trysky pro koncové stupně řídicí jednotky představovali adekvátní odpor a indukčnost a nevykazovali chybová hlášení. Ostatní akční členy je možno v případě potřeby přímo zapojit na vyvedené svorky.

Ačkoli tato řídicí jednotka zdaleka nevyužívá všech 154 možných pinů ve dvou připojených konektorech, byly všechny tyto piny následně do konektorů dodělány a vyvedeny přes svorkovnice na panel. S tímto zapojením je panel univerzální pro připojení jakékoli jiné řídicí jednotky BOSCH EDC 16, kde jsou odpovídající konektory shodné. S ohledem na počet pinů a následných svorek, nahrazení snímačů a akčních členů, byl na základě okolností popsanych výše navrhnut laboratorní panel, jak znázorňuje obrázek č. 8.



Obr. 8. Návrh rozměrů a umístění komponentů laboratorního panelu

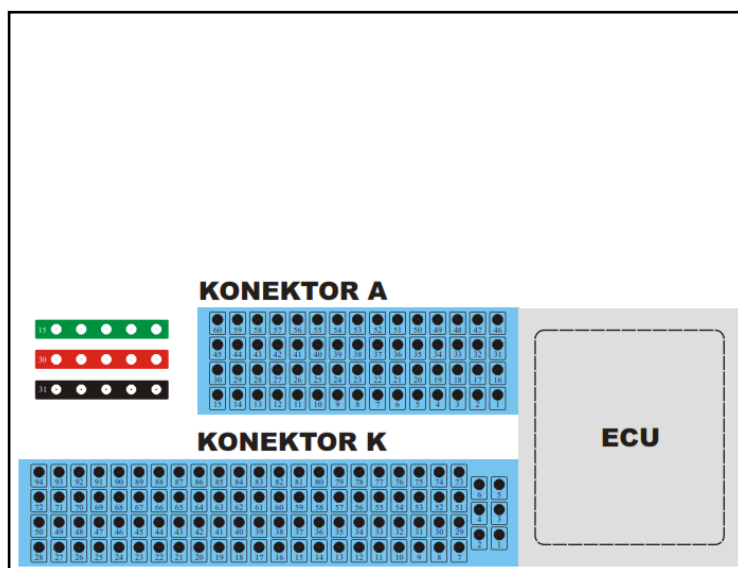
Legenda

- 1) Pedál akceleračního
- 2) Vstřikovací trysky
- 3) Svorky komponentů
- 4) Potenciometry
- 5) Místo pro umístění svorkovnic (zadní část panelu)
- 6) Svorky pro připojení napájení panelu
- 7) Displej pro hodnotu napětí na panelu
- 8) Svorky jednotlivých konektorů
- 9) Průchod kabeláže
- 10) Prostor pro řídicí jednotku

3.2 Realizace laboratorního panelu

Nosná část konstrukce je tvořena hliníkovými profily s drážkou. V této drážce je vložen hliníkový plech tloušťky 5 mm, který je dále vymezen proti pohybu pomocí úzkých plátů umakartové desky. V profilech byly vyvrtány díry pro vložení zápusťných šroubů a následné smontování. Konce profilů byly osazeny plastovými krytkami.

Hliníkový plech byl potažen přesně navrženou folií pro snazší rozměření potřebných děr. Následoval zdlouhavý proces vrtání s ohledem na nepoškození vrchní folie. Poté byl plech osazen konektorovými zdírkami pro banánky.

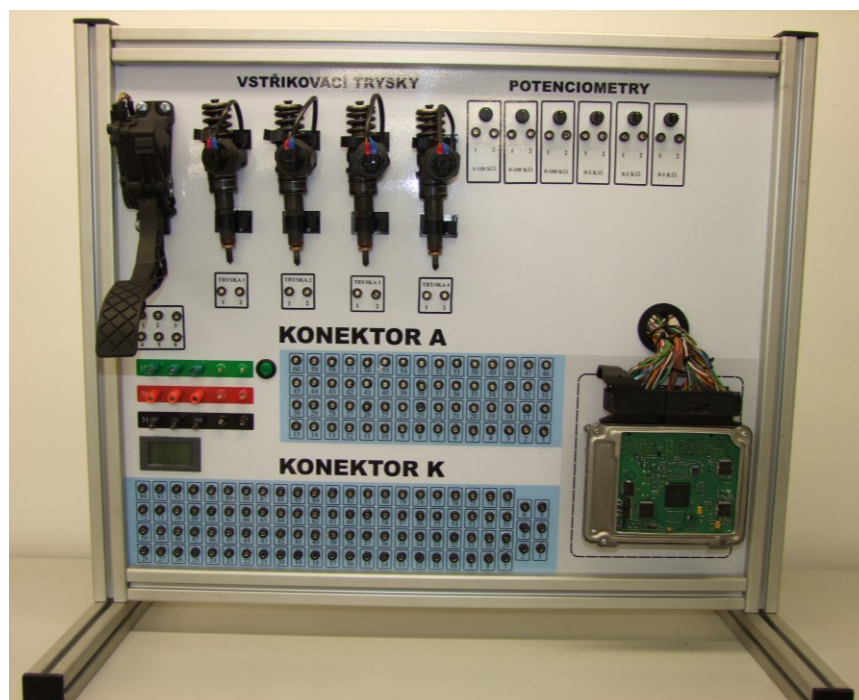


Obr. 9. Návrh folie pro panel

Následovalo upevnění řídicí jednotky a následné propojení kabeláží. Jak již bylo uvedeno výše, do konektoru řídicí jednotky byly dodělaný všechny neosazené piny a následně vyvedeny tak, aby se panel choval univerzálně pro jakoukoli BOSCH EDC 16. Spojení kabeláže konektoru řídicí jednotky a kabeláže panelu jednolitých zdírek panelu je v zadní části realizováno pomocí svorkovnic. Bylo důležité správně rozmístit příslušné svorkovnice v zadní části tak, aby se nemuselo nastavovat originální kabelové vedení řídicí jednotky a tím vznikalo další spojení.

Napájení panelu se přivádí z laboratorního zdroje na vodorovně umístěných pět a pět označených svorek (svorky 30 a 31) v levé části, odkud je možno dále využít pro napájení jakékoli části panelu. Toto napětí lze také spínat na svorku 15 prostřednictvím příslušného vypínače. Velikost aktuálního napětí lze pozorovat na digitálním displeji pod příslušnými svorkami.

Kompletní panel je dále osazen vstřikovacími tryskami, potenciometry a pedálem akcelérátoru pro možnosti simulace hodnot a měření.

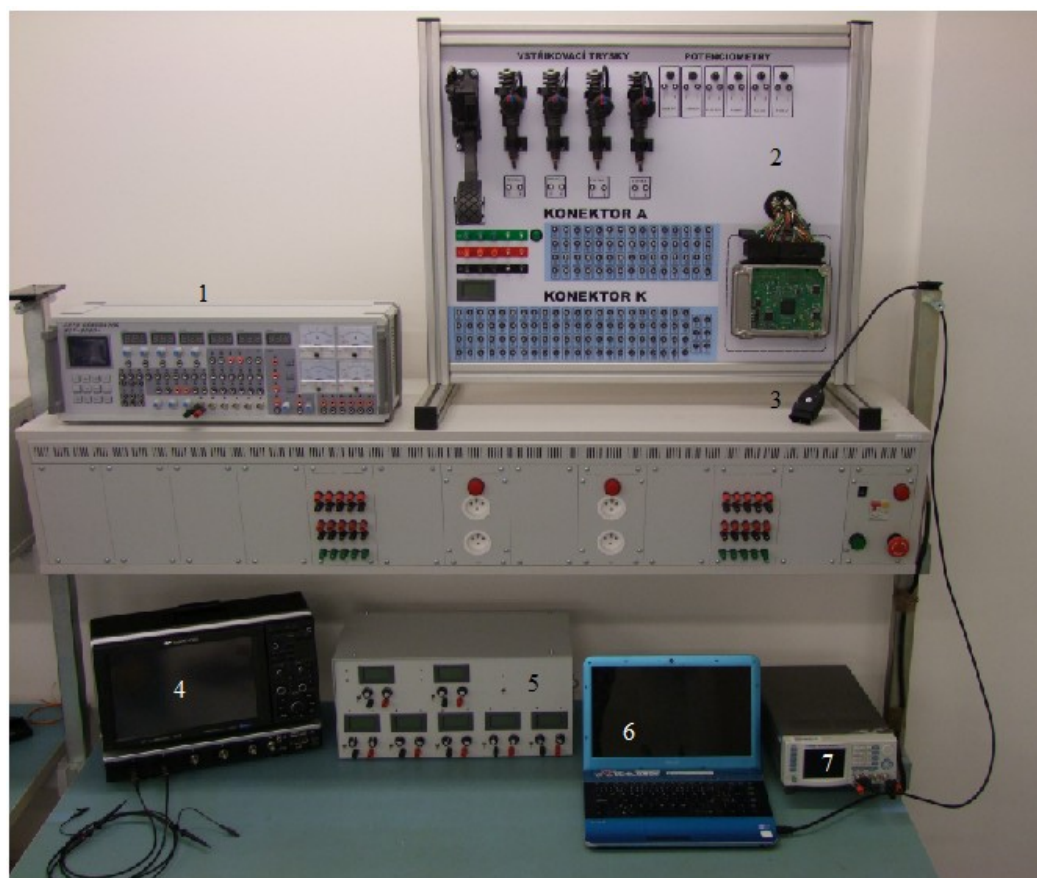


Obr. 10. Laboratorní panel

3.3 Laboratorní pracoviště

K samotnému měření na laboratorním panelu jsou dále vyžadována další zařízení v závislosti na požadovaném měření. Pro tyto měření bylo využíváno:

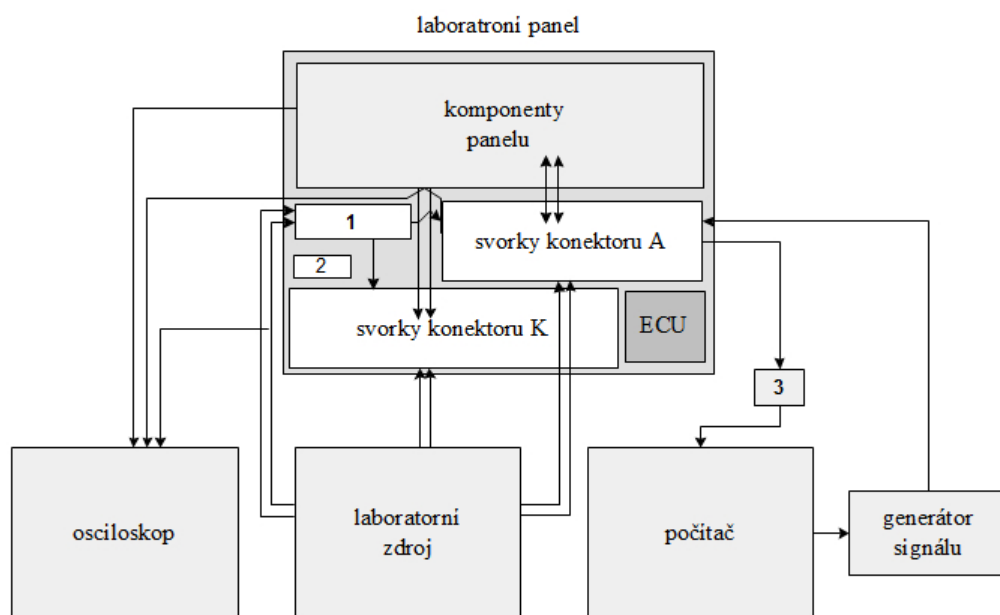
- laboratorní zdroj,
- generátor signálů,
- osciloskop,
- multimetr,
- diagnostické rozhraní pro komunikaci s řídicí jednotkou,
- počítač s diagnostickým softwarem.



Obr. 11. Laboratorní pracoviště

Legenda

- 1) Generátor automobilových signálů
- 2) Laboratorní panel
- 3) Diagnostické rozhraní
- 4) Osciloskop
- 5) Laboratorní zdroj
- 6) PC s diagnostickým softwarem
- 7) Generátor signálu



Obr. 12. Blokové schéma zapojení pracoviště

Legenda

- 1) Napájecí svorky
- 2) Displej
- 3) Diagnostické rozhraní

4 Měření

Před samotným měřením bylo nutno nejdříve deaktivovat imobilizér řídicí jednotky. Vypnutí proběhlo za pomoci softwaru IMMO Universal Decoding 3.2. Bylo nutno vyjmout paměť EEPROM typ 95320, pomocí programátoru a softwaru vyčíst a přeprogramovat data - deaktivovat imobilizér.

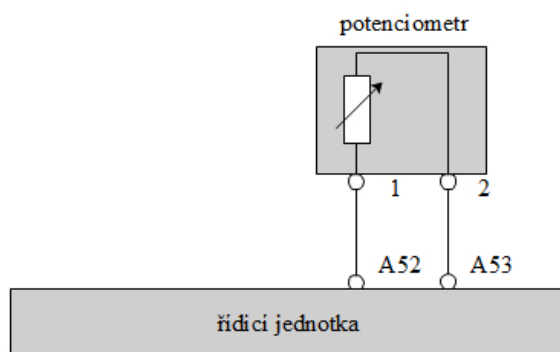
Všechna měření se zabývají převodními charakteristikami vstupních a výstupních obvodů řídicí jednotky v závislosti na měřené hodnotě řídicí jednotkou, monitorovanou sériovou diagnostikou. Zároveň bylo vždy pozorováno vzájemné ovlivňování měřených hodnot na základě jejich změn. Dále byly vyhodnoceny měřicí rozsahy řídicí jednotky a stavy při kterých řídicí jednotka vyhodnotí měřenou hodnotu jako chybovou nebo nastaví náhradní režim.

Pro komunikaci s řídicí jednotkou prostřednictvím panelu byl vytvořen kabel s diagnostickou zásuvkou. Zapojení diagnostického konektoru a připojení napětí na panel pro možnou komunikaci lze nalézt v příloze [C].

4.1 Měření obvodu snímače teploty chladicí kapaliny

V tomto měření byl snímač teploty chladicí kapaliny nahrazen potenciometrem s hodnotou 0-100 k Ω . Hodnota 100 k Ω byla zvolena na základě prvotního měření rozsahu řídicí jednotky. Potenciometr byl propojen se svorkami na panelu A53, A52 (příloha [A], [B]). Byla odečítána měřená hodnota řídicí jednotkou a následně změna odporu potenciometru odečítána na multimetru. Tyto hodnoty byly zaznamenány do tabulky č. 3 níže a vykreslen graf závislosti vstupního odporu na měřené hodnotě.

Udávaný měřený rozsah v sériové diagnostice VCDS: -40,5 °C až +135 °C. Skutečný měřený rozsah byl -40,5 °C až 139,5 °C. Při nastavení hodnoty nižší než 47 °C, vyhodnotí řídicí jednotka tuto hodnotu jako chybu a nastaví náhradní hodnotu -5,4 °C. Při zvyšování odporu nad 36 k Ω se měřená hodnota -40,5 °C nemění. Po překročení hranice 55 k Ω , vyhodnotí ECU chybu a rovněž nastaví náhradní hodnotu 5,4 °C.



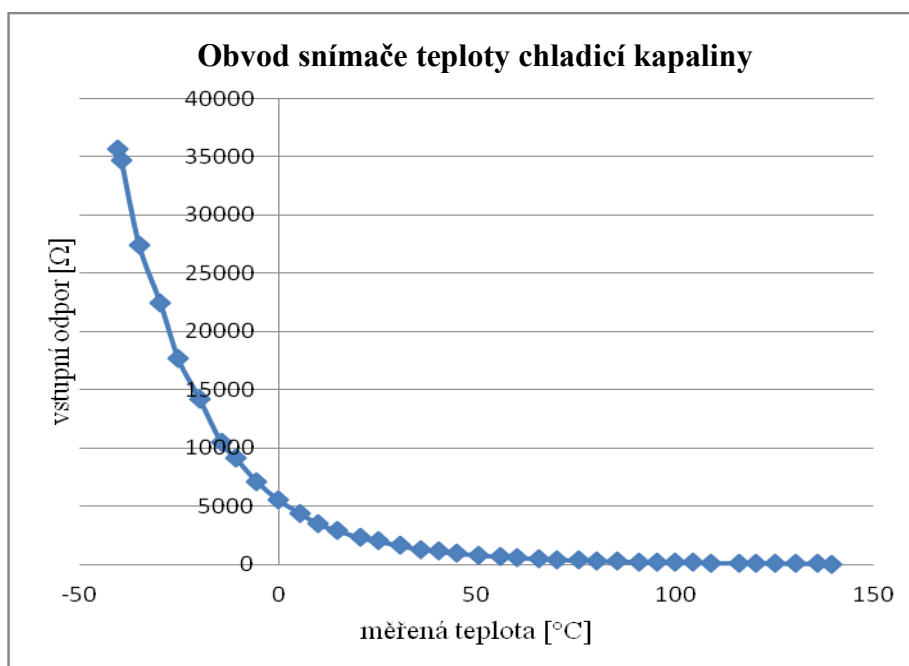
Obr. 13. Zapojení náhradního obvodu snímače chladicí kapaliny.

Tabulka 2: Srovnání naměřených a předepsaných hodnot

Teplota [°C]	Předepsaná hodnota výrobce pro kontrolu snímače [Ω]	Naměřená hodnota [Ω]
12	3300	3194
45	740	962

Tabulka 3: Naměřené hodnoty obvodu snímače teploty chladicí kapaliny

Měřená hodnota ECU [°C]	Odpor [Ω]
-40,5	35710
-39,6	34740
-35,1	27450
-29,7	22430
-25,2	17670
-19,8	14190
-14,4	10510
-10,8	9180
-5,4	7120
0	5565
5,4	4422
10	3494
15	2909
25,2	2008
30,6	1632
36	1308
40,4	1150
45	962
50,4	812
55,8	683
60,3	575
65,7	501,5
70,2	422,4
75,6	368
80,1	320,3
85,5	275,7
90,9	235,7
95,4	205
99,9	179
104,4	169,6
109	148
116,1	130
120,4	124
125,1	117
130,5	88
135,9	79,2
139,5	47,7

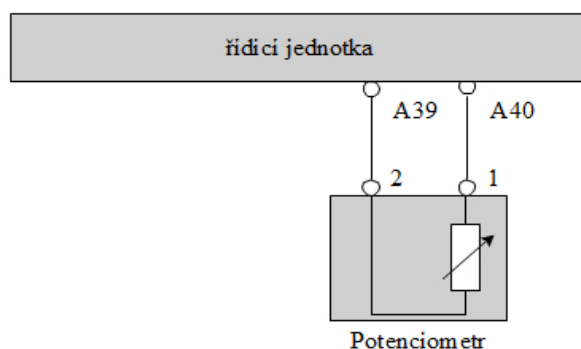


Obr. 14. Obvod snímače teploty chladicí kapaliny – závislost vstupního odporu na měřené hodnotě ECU.

Z naměřených hodnot a průběhu grafu lze vyčíst, že se zvyšujícím se odporem měřená hodnota teploty exponenciálně klesá. Tedy s rostoucí teplotou klesá odpor, což potvrzuje skutečnost použití NTC snímače teploty pro snímání teploty chladicí kapaliny na vozidle.

4.2 Měření obvodu snímače teploty paliva

Pro měření tohoto obvodu bylo rovněž využito potenciometru s rozsahem 0-100 k Ω . Postup měření byl obdobný jako u snímače teploty chladicí kapaliny. Rozsah teplot měřených řídicí jednotkou je -30,6 $^{\circ}\text{C}$ až +129,6 $^{\circ}\text{C}$. Hodnotu nižší než 127 Ω vyhodnotí ECU jako chybovou a nastaví náhradní hodnotu 39,6 $^{\circ}\text{C}$. Při překročení hodnoty 83,5 k Ω se hodnota -30,6 $^{\circ}\text{C}$ nemění. Odpor vyšší než 115 k Ω vyhodnotí ECU jako chybový a nastaví náhradní hodnotu 39,6 $^{\circ}\text{C}$.



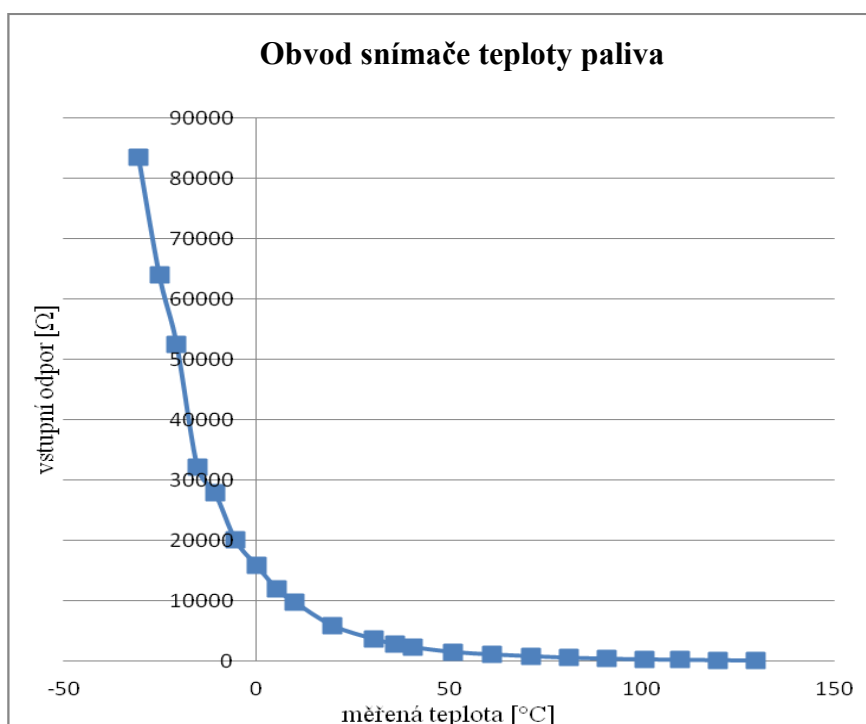
Obr. 15. Zapojení náhradního obvodu snímače teploty paliva

Tabulka 4: Srovnání naměřených a předepsaných hodnot

Teplota [°C]	Předepsaná hodnota výrobce pro kontrolu snímače [Ω]	Naměřená hodnota [Ω]
12	9000	9230
36	2800	2889

Tabulka 5: Naměřené hodnoty obvodu snímače teploty paliva

Měřená hodnota ECU [°C]	Odpor [Ω]
-30,6	83500
-25,2	64010
-20,7	52500
-15,3	32130
-10,8	28010
-5,4	20050
0	15910
5,4	11950
9,9	9840
19,8	5920
30,6	3690
36	2889
40,5	2353
51,1	1555
61,2	1154
71,1	859
81	606
90,9	437,4
100,8	332
109,1	265
119,7	199,3
129,6	127,7



Obr. 16. Obvod snímač teploty paliva – závislost vstupního odporu na měřené hodnotě ECU.

Naměřený průběh je obdobný jako u snímače teploty chladicí kapaliny, avšak s větším rozsahem odporu. Rovněž pro měření teploty paliva řídicí jednotka ve skutečnosti využívá NTC snímač teploty.

4.3 Měření obvodu snímače teploty nasávaného vzduchu

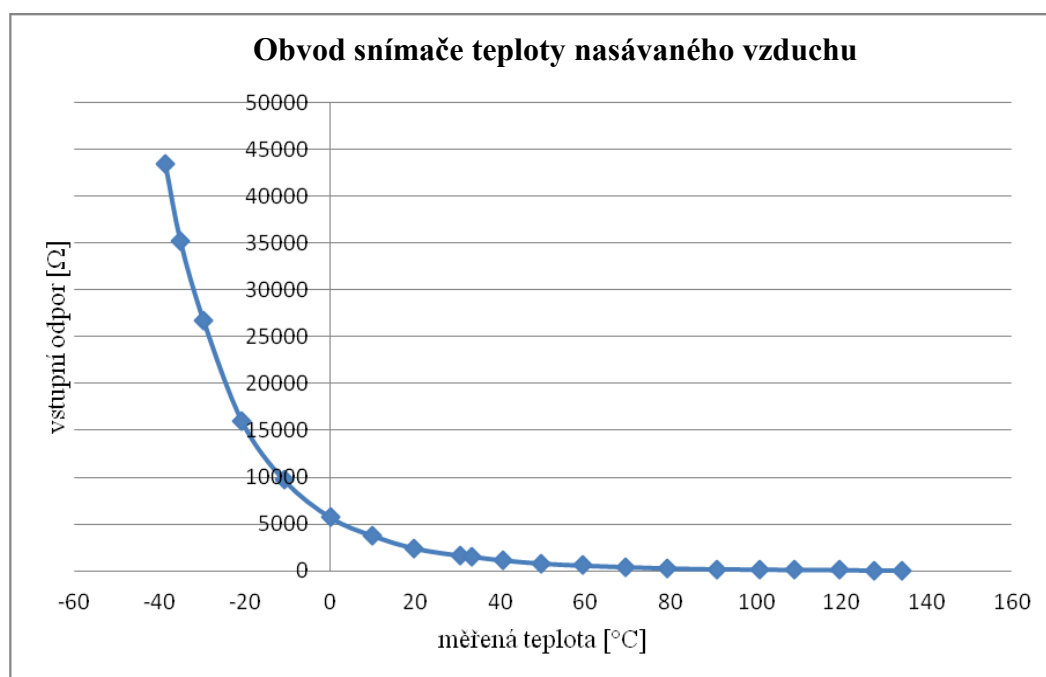
V reálném zapojení je snímač teploty integrován ve snímači plnicího tlaku umístěný v sacím potrubí (obr. 18). Obvod snímače teploty nasávaného vzduchu se chová obdobně jako obvody předchozích snímačů teploty. Naměřené hodnoty opět ukazují na využití NTC prvku ve snímači. Maximální měřený rozsah řídicí jednotkou je $-38,7\text{ °C}$ až $+134,1\text{ °C}$. Náhradní hodnota nastavená ECU při rozpojení obvodu je $+134,1\text{ °C}$. Tuto hodnotu rovněž ECU nastaví při překročení rozsahu, tedy odpor nižší než $59\text{ }\Omega$ nebo vyšší než $58,3\text{ k}\Omega$. V oblasti odporu $43,5 - 58,3\text{ k}\Omega$ je měřená hodnota konstantní $+134,1\text{ °C}$.

Tabulka 6: Srovnání naměřených a předepsaných hodnot

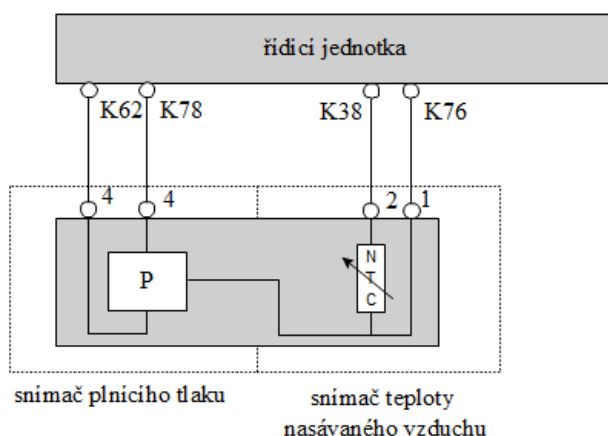
Teplota [°C]	Předepsaná hodnota výrobce pro kontrolu snímače [Ω]	Naměřená hodnota [Ω]
15	3850	3194
33	1980	1610

Tabulka 7: Naměřené hodnoty obvodu snímače teploty nasávaného vzduchu

Měřená teplota ECU [°C]	Odpor [Ω]
-38,7	43500
-35,1	35150
-29,7	26730
-20,7	15990
-10,8	9700
0	5738
9,9	3768
19,8	2431
30,6	1650
33,3	1540
40,5	1156
49,5	821
59,4	590,5
69,3	431
79,2	300
90,9	197
100,8	176
109,1	142
119,7	114,1
127,8	78,2
134,1	59,2



Obr. 17. Obvod snímače teploty nasávaného vzduchu – závislost vstupního odporu na měřené hodnotě ECU.



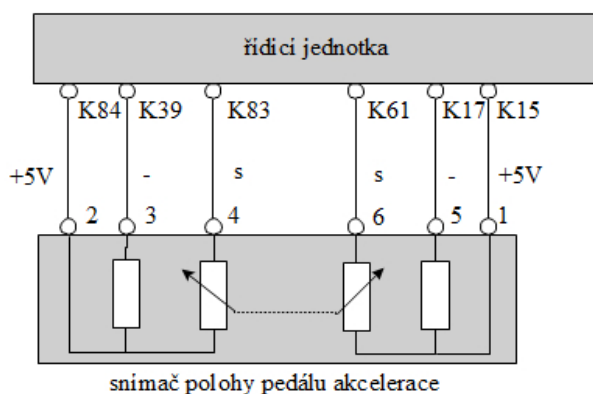
Obr. 18. Skutečné zapojení snímače teploty nasávaného vzduchu integrovaném ve snímači plnicího tlaku.

4.4 Měření snímače pedálu akcelerace

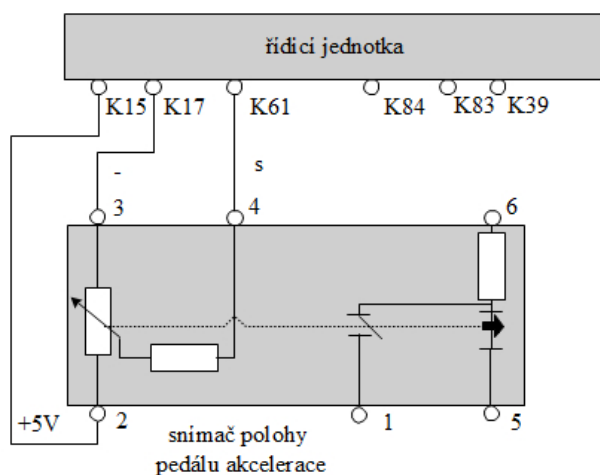
Snímač má za úkol zjišťovat polohu pedálu akcelerace. Spolu s pohybem pedálu se posouvají jezdci po odporových drahách potenciometru uvnitř pedálu. Podle změny úbytku napětí na odporových drahách vyhodnocuje řídící jednotka polohu plynového pedálu. Pedál určený pro kód motoru BMP, využívá potenciometry s dvěma odporovými drahami a dvěma rameny s pohyblivými kontakty vzájemně propojeny mechanickou vazbou (obr. 19). To zvyšuje přesnost měření. Průběhy napětí jsou pak na těchto potenciometrech opačné.

Pro tento laboratorní panel byl ovšem zvolen akcelerační pedál z jiného vozidla, jemuž odpovídá zapojení na obrázku č. 20. Tento pedál využívá pouze jeden potenciometr, obsahuje však navíc spínač volnoběhu. Potenciometr funguje jako dělič napětí s kruhovou odporovou drahou a pohyblivým jezdcem. Osa jezdce se otáčí spolu s pohybem pedálu. Na potenciometr je přes vstup přivedeno z řídící jednotky napětí 5 V. Natáčením jezdce se mění délka odporové dráhy a také úbytek napětí mezi jezdcem a koncem dráhy. Toto napětí je výstupním napětím snímače.

Použitý pedál má jiný měřicí rozsah, než řídící jednotka vyžadovala, proto byl jeho pohyb omezen a vhodně nastaven tak, aby bylo možno snímat plynule celý rozsah od 0 až do 100 %.



Obr. 19. Zapojení snímače pedálu akcelerace vozidla Škoda Superb II, kód motoru BMP.



Obr. 20. Zapojení snímače pedálu akcelerace pro laboratorní panel

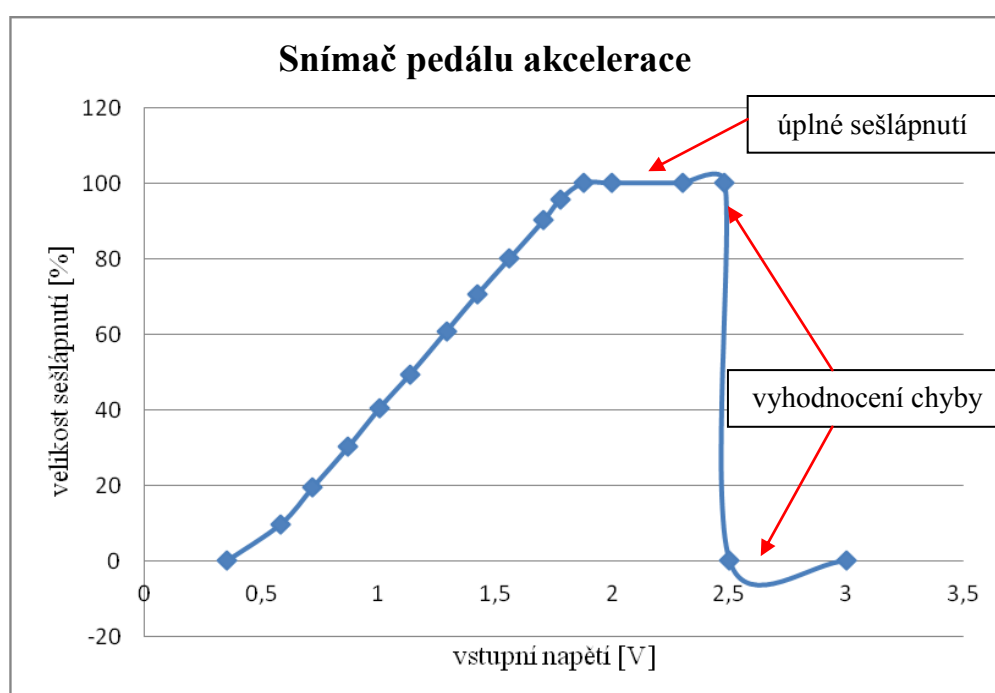
Tabulka 8: Srovnání naměřených a předepsaných hodnot

Provozní stav	Předepsaná hodnota výrobce pro kontrolu snímače [V]	Naměřená hodnota [V]
Pedál uvolněn	0,45	0,35
Pedál sešlápnut	2,2	2 - 2,48

Tabulka 9: Naměřené hodnoty snímače pedálu akcelerace

Vstupní napětí [V]	Měřená hodnota ECU [%]
0,35	0
0,582	9,8
0,72	19,6
0,87	30,2
1,003	40,4
1,134	49,4

Vstupní napětí [V]	Měřená hodnota ECU [%]
1,29	60,8
1,423	70,6
1,559	80
1,706	90,2
1,777	95,7
1,876	100
2	100
2,3	100
2,48	100
2,5	0
3	0

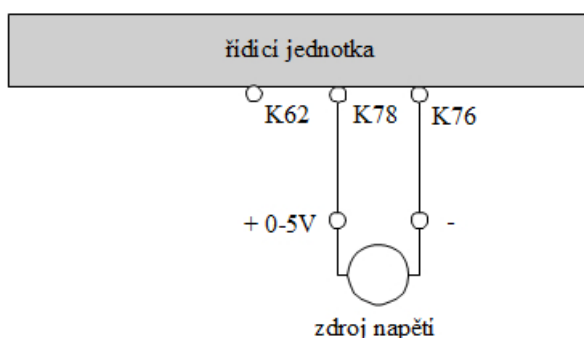


Obr. 21. Snímač polohy pedálu akcelrace – závislost vstupního napětí na měřené hodnotě ECU

Naměřená charakteristika má téměř lineární průběh. Přestože je využívána pouze jedna odporová dráha, řídicí jednotka nevykazuje chybový stav. Napětí 2,2 V až 2,5 V vyhodnotí řídicí jednotka jako maximální sešlápnutí pedálu, tedy 100 %. Napětí vyšší než 2,5 V vyhodnotí ECU jako chybové a nastaví náhradní hodnotu 0 %.

4.5 Měření obvodu snímače plnicího tlaku

Pro snímání plnicího tlaku využívá řídicí jednotka snímač plnicího tlaku v sacím potrubí s integrovaným snímačem teploty nasávaného vzduchu, jemuž odpovídá zapojení na obr. 18. Pro simulaci signálu v tomto měření byl využit laboratorní zdroj s výstupem 0-5 V (zapojení obr. 22). Toto napětí nahrazuje výstupní napětí snímače tlaku. Pro větší přesnost bylo napětí snímáno multimetrem. Řídicí jednotka z tohoto napětí vypočítává příslušný plnicí tlak. Hodnotu plnicího tlaku vypočítává řídicí jednotka pouze ze signálu snímače, další snímané veličiny jako jsou např. otáčky motoru, teplota nasávaného vzduchu, teplota motoru nebo signál ze snímače hmotnosti vzduchu nemají na plnicí tlak vypočítávaný jednotkou vliv (obr. 24, 25). To také souvisí s měřeným rozsahem snímače, kdy výrobce udává požadovaný tlak na volnoběh 900 – 1150 mbar a při plném zatížení 2000 – 2500 mbar. Při simulaci např. 3500 otáček za minutu a plnicím tlaku 1000 mbar, jednotka nevyhodnotila chybu. Chybová hlášení nastanou až v případě, kdy hodnota napětí je mimo rozsah měřený jednotkou, tedy napětí nižší než 0,69 V a vyšší než 4,9 V. Náhradní hodnota při překročení rozsahu je 2193 mbar.

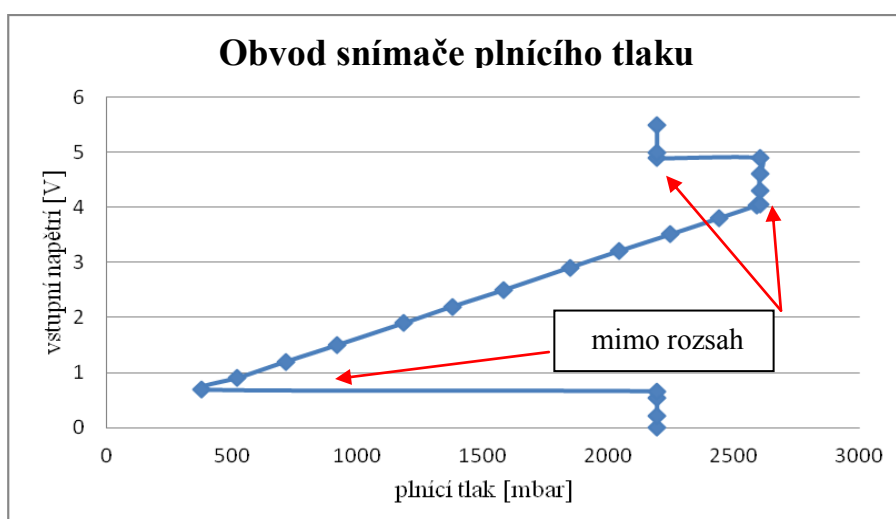


Obr. 22. Náhradní zapojení obvodu snímače plnicího tlaku.

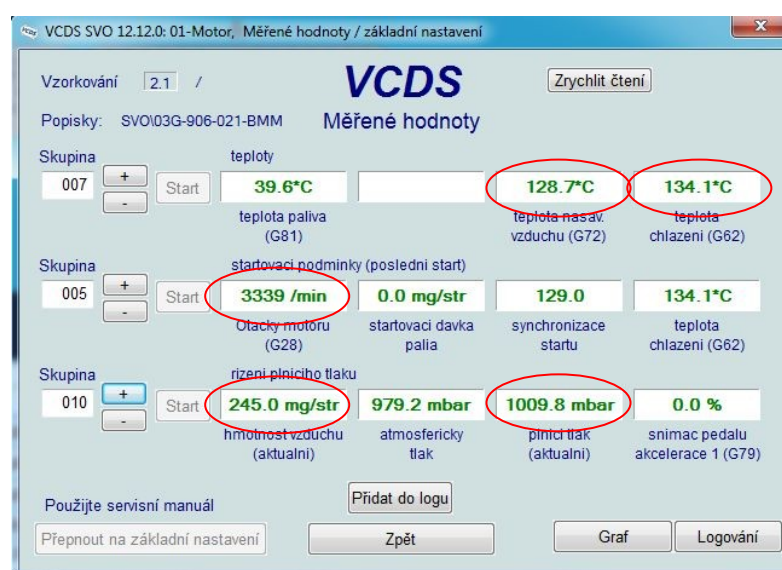
Tabulka 10: Naměřené hodnoty obvodu snímače plnicího tlaku

Měřená hodnota [mbar]	Napětí [V]
2193	0
2193	0,222
2193	0,544
2193	0,658
377,4	0,692
520,2	0,9
714	1,2
918	1,5
1183,2	1,9

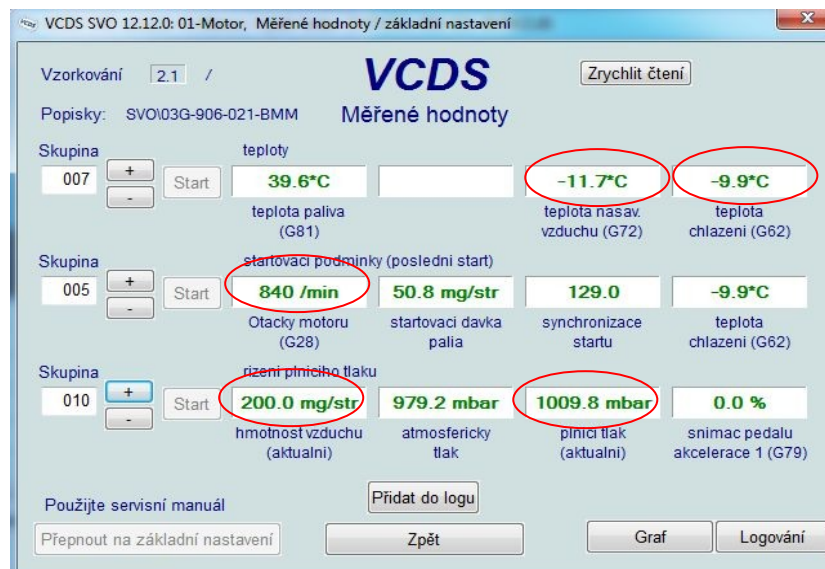
Měřená hodnota [mbar]	Napětí [V]
1377	2,2
1581	2,5
1846	2,91
2040	3,207
2244	3,51
2437,8	3,803
2591	4,038
2601	4,044
2601	4,3
2601	4,6
2601	4,9
2193	4,901
2193	5
2193	5,5



Obr. 23. Obvod snímače plnicího tlaku – závislost vstupního napětí na měřené hodnotě ECU



Obr. 24. Sériová diagnostika VCDS – nezávislost snímače plnicího tlaku.



Obr. 25. Sériová diagnostika VCDS – nezávislost snímače plnicího tlaku.

4.6 Měření obvodu snímače hmotnosti vzduchu

Řídicí jednotka ve skutečnosti pro měření hmotnosti vzduchu využívá měřič hmotnosti vzduchu s vyhřívanou folií se snímačem zpětného proudění. Výstupní signál skutečného snímače charakterizuje napětí 0-5 V. Tento signál byl nahrazen napětím z laboratorního zdroje jako tomu bylo u snímače plnicího tlaku výše. Měření bylo provedeno odečítáním napětí měřeným multimetrem a hodnot sériové diagnostiky.

Bylo využito dvou sériových diagnostik – BOSCH KTS540 a VCDS. Kdy diagnostika BOSCH KTS540 měří aktuální hmotnost vzduchu v kg/h, oproti tomu VCDS měří hmotnost vzduchu v mg/zdvih. Podstatný rozdíl v měření jsou závislosti a nezávislosti měřených hodnot na ostatních veličinách. Tyto rozdíly v měření jsou popsány dále.

Rovnice 1: Výpočet hmotnosti vzduchu v [kg/h], zdroj [4]

$$M_{[kg/h]} = V_{mot} \cdot \mu \cdot \frac{n_{mot}}{2 \cdot \rho \cdot \left(\frac{p}{p_0}\right)^{1/n} \cdot \frac{60}{10^6}}$$

Kde

M – hmotnost vzduchu [kg/hod],

V_{mot} – zdvihový objem motoru [cm³],

μ – účinnost plnění (dosazená hodnota 0,9, tj. účinnost plnění 90%),

n_{mot} – otáčky motoru [min⁻¹],

ρ – hustota nasávaného vzduchu (pro atmosférický tlak 0,981 bar a teplotu 20°C má hodnotu 1,164kg/m³,

p – tlak vzduchu za turbodmychadlem [bar],

p_0 – tlak vzduchu před turbodmychadlem [bar],

n – polytropický exponent (uvažujeme hodnotu 1,25 – přeplňovaný motor s mezichladičem stlačeného vzduchu).

Rovnice 2: Výpočet hmotnosti vzduchu v [mg/zdvih], zdroj [4]

$$M_{[mg/zdvih]} = V_{mot} \cdot \mu \cdot \frac{\rho \cdot \left(\frac{p}{p_0}\right)^{1/n}}{i}$$

Kde

M – hmotnost vzduchu [mg/zdvih],

V_{mot} – zdvihový objem motoru [cm³],

μ – účinnost plnění (dosazená hodnota 0,9, tj. účinnost plnění 90%),

ρ – hustota nasávaného vzduchu (pro atmosférický tlak 0,981 bar a teplotu 20 °C má hodnotu 1,164kg/m³,

p – tlak vzduchu za turbodmychadlem [bar],

p_0 – tlak vzduchu před turbodmychadlem [bar],

n - polytropický exponent (uvažujeme hodnotu 1,25 – přeplňovaný motor s mezichladičem stlačeného vzduchu),

i – počet válců.

Rovnice 3: Výpočet převodu z [kg/h] na [mg/zdvih], zdroj [4]

$$M_{[mg/zdvih]} = \frac{M_{\left[\frac{kg}{h}\right]} \cdot 2 \cdot 10^6}{n_{mot} \cdot i \cdot 60}$$

Rovnice 4: opačný převod z mg/zdvih na kg/h, zdroj [4]

$$M_{[kg/h]} = \frac{M_{[mg/zdvih]} \cdot n_{mot} \cdot i \cdot 60}{(2 \cdot 10^6)}$$

Obě dvě použité sériové diagnostiky samozřejmě pro výpočet hmotnosti vzduchu nevyužívají výše uvedené teoretické vzorce, nýbrž převážně signál ze snímače hmotnosti vzduchu a v závislosti na jednotkách, ve kterých je hmotnost měřená, dále také signál o

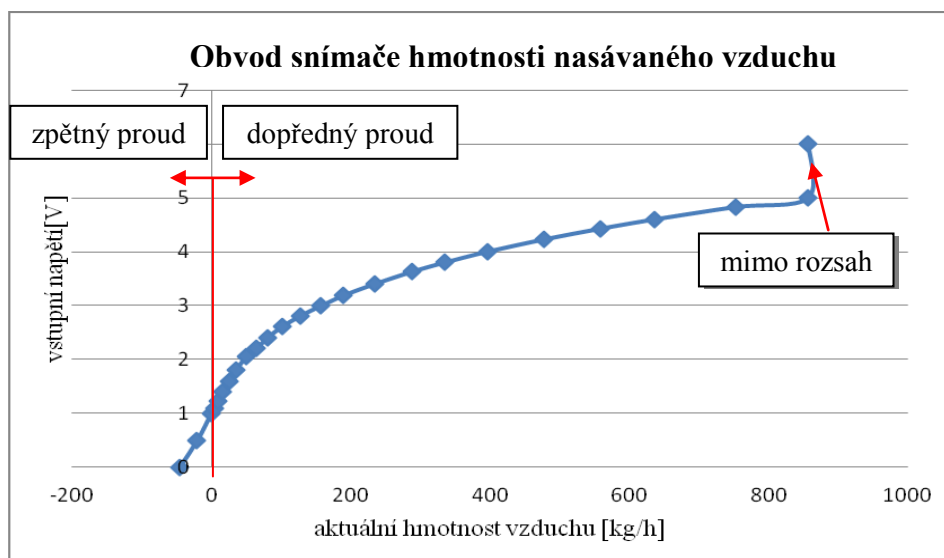
počtu otáček motoru. Řídicí jednotka se tedy řídí svými předdefinovanými charakteristikami a poli hodnot, hodnota ze snímačů teploty či plnicího tlaku se při výpočtu nezohledňuje.

Z uvedených vztahů tedy vyplývá, že hmotnost nasávaného vzduchu v mg/zdvih je závislá na počtech zdvihů motoru, tedy otáčkách. Proto při komunikaci s VCDS, kde byla hodnota měřena v mg/zdvih, bylo toto měření ovlivňováno změnou otáček motoru.

Diagnostika BOSCH KTS 540, která měří hmotnost vzduchu v kg/h, využívá pro výpočet pouze signál ze snímače hmotnosti vzduchu, v tomto případě ze zdroje napětí. Změna otáček nebo plnicího tlaku nijak neovlivňuje měřenou hodnotu.

Tabulka 11: Naměřené hodnoty obvodu snímače hmotnosti nasávaného vzduchu – měřeno sériovou diagnostikou BOSCH KTS 540

Hmotnost vzduchu [kg/hod]	Vstupní napětí [V]
-45,6	0
-20,3	0,5
0	1
5	1,1
10	1,23
16,2	1,4
25,1	1,6
35,6	1,81
49,9	2,05
64,5	2,2
81	2,41
101,7	2,61
127,6	2,81
157,8	3
190	3,19
234	3,4
288,2	3,63
334,7	3,8
396	4
477,8	4,23
559,3	4,43
636	4,6
752,4	4,83
856,6	5



Obr. 26. Obvod snímače hmotnosti nasávaného vzduchu – závislost vstupního napětí na měřené hodnotě ECU (měřeno BOSCH KTS 540 v [kg/hod])

Aktuální hmotnost vzduchu	
	179.5 kg/h
Měřič hmotnosti vzduchu, napětí	
	3.13 V
Otáčky motoru	
	838 1/min
Aktuální hodnota plnicího tlaku	
	2339 hPa

Aktuální hmotnost vzduchu	
	179.6 kg/h
Měřič hmotnosti vzduchu, napětí	
	3.12 V
Otáčky motoru	
	3346 1/min
Aktuální hodnota plnicího tlaku	
	425 hPa

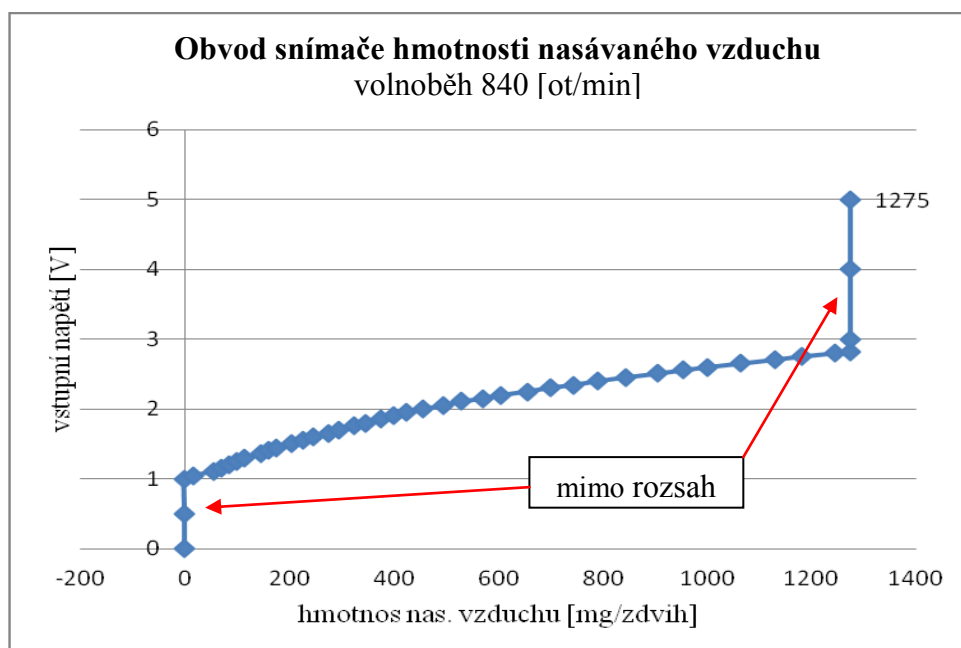
Obr. 27. Sériová diagnostika BOSCH KTS 540 - nezávislost měření řídicí jednotky na plnicím tlaku a otáčkách motoru.

Tabulka 12: Naměřené hodnoty obvodu snímače hmotnosti nasávaného vzduchu - měřeno sériovou diagnostikou VCDS

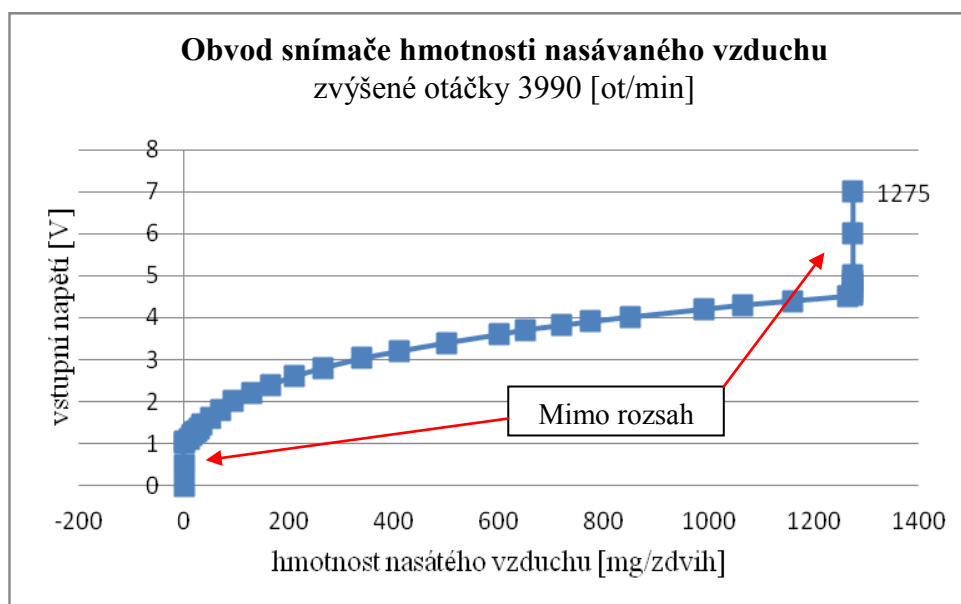
840 otáček/minutu		3990 otáček/minutu	
hmotnost vzduchu [mg/zdvih]	vstupní napětí [V]	hmotnost vzduchu [mg/zdvih.]	vstupní napětí [V]
0	0	0	0
0	0,5	0	0,5
0	1	0	1
15	1,04	0	1,04
55	1,115	10	1,12
85	1,207	15	1,2
100	1,25	20	1,255
115	1,3	25	1,308
145	1,367	30	1,356
175	1,45	35	1,46
225	1,555	50	1,61
245	1,6	70	1,802
295	1,704	95	2,005
325	1,756	130	2,21
345	1,802	165	2,4
375	1,855	210	2,6
400	1,9	265	2,8
455	1,997	340	3,034
495	2,055	410	3,2
570	2,152	500	3,4
605	2,2	600	3,6
655	2,251	650	3,709
700	2,306	720	3,817
745	2,347	775	3,907
790	2,4	850	4,016
845	2,454	990	4,2
905	2,508	1065	4,3
955	2,557	1160	4,4
1000	2,6	1265	4,514
1065	2,653	1275	4,532
1130	2,707	1275	4,6
1180	2,751	1275	4,7
1245	2,8	1275	4,8
1275	2,815	1275	4,9
1275	3	1275	5
1275	4	1275	6
1275	5	1275	7

Jak již bylo uvedeno výše, diagnostika VCDS měří hmotnost nasávaného vzduchu v mg/zdvih, kdy velikost hmotnosti nasátého vzduchu ovlivňují při výpočtu řídicí jednotkou otáčky. Byla proto změřena závislost vstupního napětí na měřené hmotnosti

nasátého vzduchu při volnoběhu (840 ot/min) a při zvýšených otáčkách (3390 ot/min). Tyto hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 12. Závislost na otáčkách lze pozorovat na obrázku č. 28 a 29.



Obr. 28. Obvod snímače hmotnosti nasávaného vzduchu – závislost vstupního napětí na měřené hodnotě ECU (měřeno diagnostikou VCDS v mg/zdvih při 840ot/min).



Obr. 29. Obvod snímače hmotnosti nasávaného vzduchu – závislost vstupního napětí na měřené hodnotě ECU (měřeno diagnostikou VCDS v mg/zdvih při 840ot/min).

Z naměřených průběhů lze pozorovat, že při zvyšujících se otáčkách se mění i měřicí rozsah povoleného napětí řídicí jednotky. Zatímco při volnoběhu je věrohodnost napětí pro řídicí jednotku pouze v rozsahu 1 - 2,8 V, při zvýšených otáčkách je to napětí 1 - 4,5 V. Při rozpojení obvodu nebo překročení měřeného rozsahu řídicí jednotka vyhodnotí chybu a nastaví náhradní hodnotu 550 mg/zdvih.

4.7 Měření obvodu snímačů teplot výfukových plynů

Toto měření se zabývá obvody snímačů:

- teploty výfukových plynů za turbodmychadlem,
- teploty výfukových plynů před filtrem pevných částic,
- teploty výfukových plynů uvnitř filtru pevných částic,
- teploty výfukových plynů za filtrem pevných částic.

Vzhledem k podobnostem naměřených charakteristik a jednotlivých závislostí naměřených hodnot bylo měření těchto snímačů sjednoceno a vyhodnoceno jako jeden celek.

Pro měření teplot výfukových plynů využívá řídicí jednotka snímače s měřicím odporem z platiny. Oproti NTC snímačům využívaným pro měření ostatních teplot vozidla mají tyto snímače lineární charakteristiku. Využití platinových snímačů je z důvodu velkého rozsahu měřených teplot (-40 až + 1000°C). Platinové snímače mají co do velikosti odporu velmi malý rozsah oproti NTC snímačům teploty. Pro měření těchto obvodů byly zvoleny potenciometry s rozsahy 0-1kΩ a 0-2kΩ. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce č. 13.

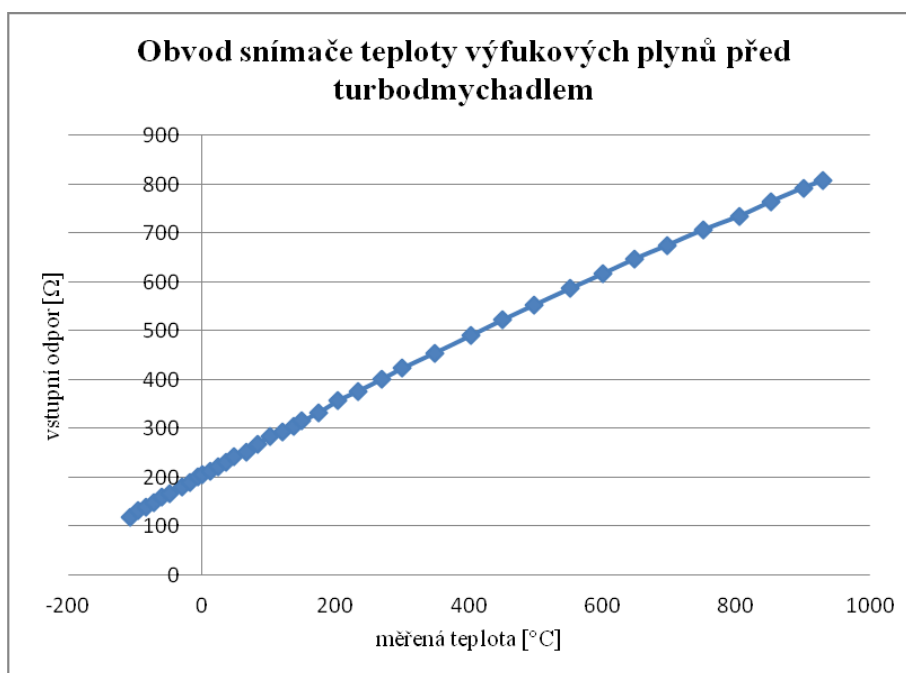
Teplota uvnitř částicového filtru není měřena samostatným snímačem, nýbrž vypočtena jako střední hodnota z teplot snímačů před a za částicovým filtrem. Teplota je reálná pouze při nastavení reálných hodnot těchto dvou snímačů, kdy teplota před filtrem musí být vyšší než za filtrem pevných částic.

Tabulka 13: Naměřené hodnoty obvodů snímačů teploty výfukových plynů před turbodmychadlem a za částicovým filtrem

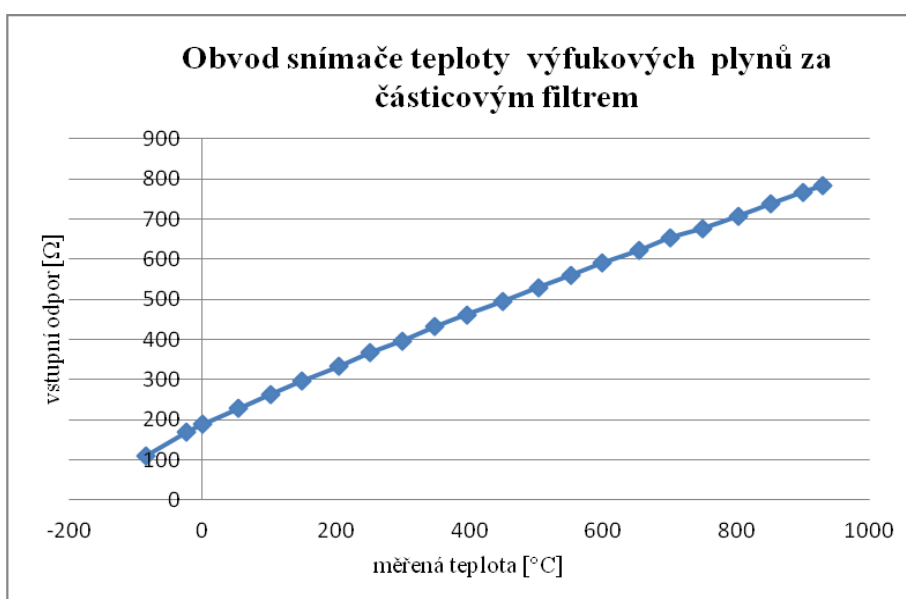
obvod snímače teploty výfukových plynů před turbodmychadlem		obvod snímače teploty výfukových plynů za částicovým filtrem	
Měřená teplota ECU [°C]	Odpor [Ω]	Měřená teplota ECU[°C]	Odpor [Ω]
-108	117,5	-84	111
-84	139,2	-24	168,9
-60	159,4	0	188,6
-6	200,5	54	228
12	213,3	102	263,7
36	230,3	150	297,4
66	251,3	204	332,7
102	283	252	368
12	213,3	300	397,4
138	304,8	348	431,7
174	331,3	396	462,6
234	376,3	450	495,1
300	422,9	504	530,5
402	489,7	552	560,2
498	553	600	591
600	616,8	654	622
696	675	702	654
750	707	750	677
804	735	804	708
852	765	852	738
900	793	900	767
930	808	930	783

U snímače teploty výfukových plynů před turbodmychadlem bylo využíváno potenciometru s rozsahem 0-1 kΩ. Maximální měřený rozsah teplot řídicí jednotkou je -108 °C až +930 °C. Kdy pro hodnotu nižší než 110 Ω nebo vyšší než 808 Ω nastaví ECU náhradní hodnotu 930 °C.

Pro teplotu za částicovým filtrem byl využit potenciometr s rozsahem 0-2 kΩ. Důvodem byl větší odporový rozsah, kdy až po překročení hranice 1100 Ω řídicí jednotka nastaví náhradní hodnotu 330 °C, rovněž při odporu nižším než 111 Ω. Měřicí rozsah je -84 až + 930 °C. V oblasti 783-1100 Ω se hodnota 930 °C nemění.



Obr. 30. Obvod snímače teploty výfukových plynů před turbodmychadlem – závislost vstupního odporu na měřené hodnotě ECU.

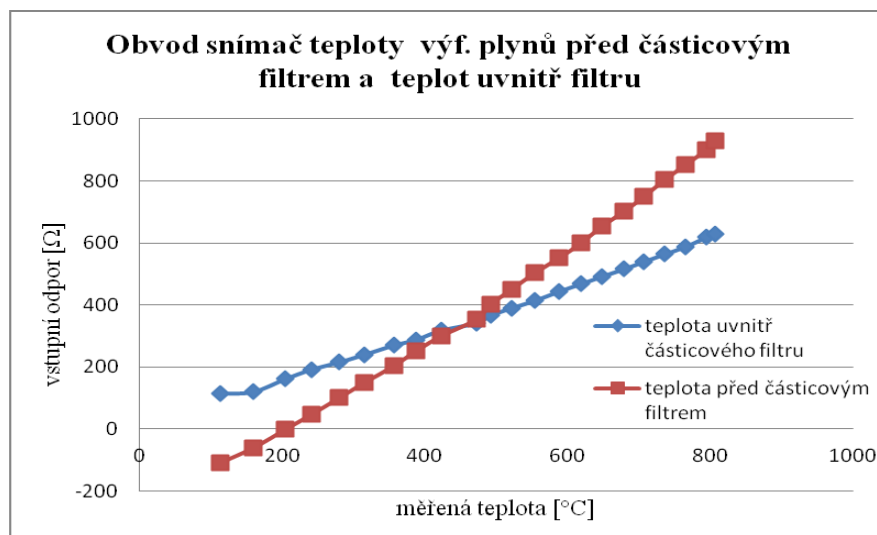


Obr. 31. Obvod snímače teploty výfukových plynů za částicovým filtrem – závislost vstupního odporu na měřené hodnotě ECU.

Tabulka 14: Naměřené hodnoty obvodu snímače teploty výfukových plynů před částicovým filtrem a uvnitř filtru

měřená teplota ECU [°C]		
Teplota před částicovým filtrem [°C]	Teplota uvnitř částicového filtru [°C]	Odpor snímače před částicovým filtrem [Ω]
-108	114	112,9
-60	120	159
0	162	204,5
48	192	240,9
102	216	280,1
150	240	314,9
204	270	355,9
252	288	387,4
300	318	422,1
354	342	472
402	366	491,6
450	390	521
504	414	553,9
552	444	588,1
600	468	618,6
654	492	648
702	516	679
750	540	707
804	564	736
852	588	765
900	618	794
930	630	807

Při měření teploty uvnitř částicového filtru byl obvod snímače teploty za částicovým filtrem odpojen a tedy řídicí jednotkou nastavena náhradní hodnota 330 °C. Jelikož tuto teplotu řídicí jednotka vypočítává jako střední hodnotu okolních dvou teplot, pro které má příslušný snímač, měřená teplota uvnitř filtru je reálná vůči teplotě před filtrem až od hodnoty 330 °C, respektive 342 °C, jak je uvedeno v tabulce č. 14. Tomuto rovněž odpovídá charakteristika na obrázku č. 32.

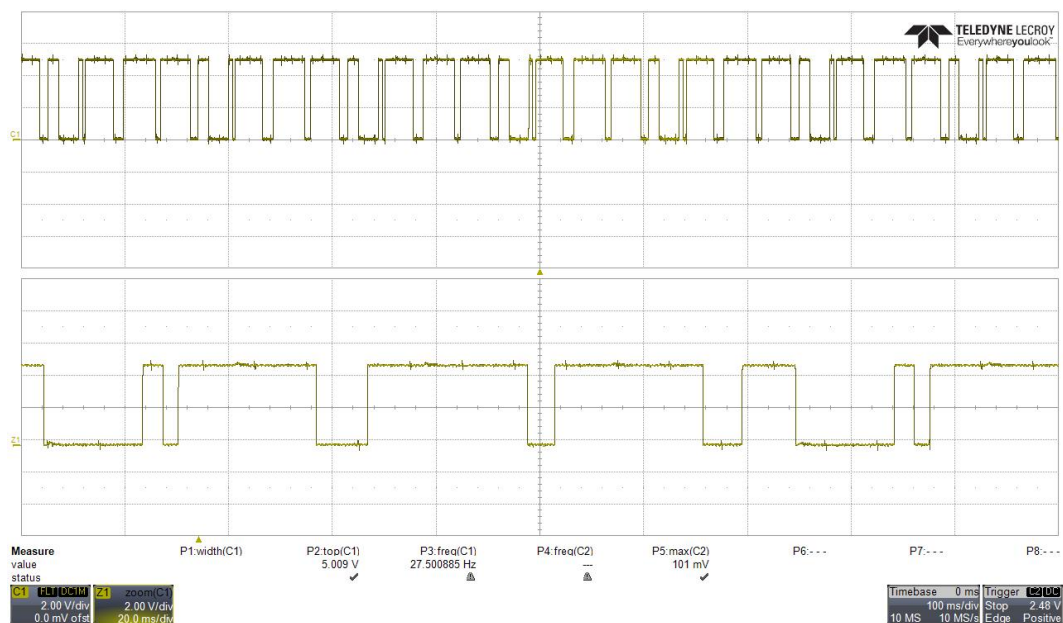


Obr. 32. Obvod snímače teploty výfukových plynů před částicovým filtrem a teplot uvnitř filtru – závislost vstupního odporu na měřené hodnotě ECU.

4.8 Měření otáček motoru

Snímání otáček řídicí jednotkou bylo značně složité. Generátor automobilových signálů nedisponoval žádným vhodným signálem, u kterého by docházelo k plynulému snímání řídicí jednotkou. Vzhledem ke složitosti skutečného signálu jak snímače polohy klikového, tak váčkového hřídele, bylo nutno tyto signály reálně naměřit osciloskopem a poté pomoci softwaru generátoru signálu namodelovat a použít. Na základě měření na vozidle Škoda Superb II 2.0 TDI PD 103kW s automatickou převodovkou, bylo zjištěno, že snímač polohy klikového hřídele je značně nepřístupný pro měření (pro měření nutno demontovat převodovku nebo řídicí jednotku motoru). Byl tedy změřen signál snímače polohy váčkového hřídele, který jak se později ukázalo, řídicí jednotce pro plynule snímání signálu otáček dostačuje.

Signál polohy váčkového hřídele se pro snímání řídicí jednotkou přivádí z generátoru signálu na svorky panelu A12 (kostra), A28 (signál) dle přílohy [A], [B]. Napětí signálu $U_{pp}=5\text{ V}$, vzorkovací frekvence generátoru se nastavuje v rozsahu 10-50MS/s, což odpovídá 840 až 4200 otáčkám za minutu pro řídicí jednotku.



Obr. 33. Naměřený signál polohy vačkového hřídele pro generátor impulzů

5 Závěr

Vypracováním této bakalářské práce jsem získal detailní přehled o elektronické regulaci vznětového motoru EDC. Díky této práci jsem rovněž pochopil principy jednotlivých snímačů a akčních členů, které řídicí jednotka využívá pro správnou regulaci vznětového motoru.

V práci jsem se podrobně zabýval nejen návrhem samotného laboratorního panelu pro ověřování vstupních/výstupních hodnot ale převážně jejich měřením. Samotným měřením jsem ověřil kompletní funkčnost laboratorního panelu a všech jeho obvodů. Při měření jsem se setkával s řadou problémů, například modelování signálu snímače otáček, které muselo být provedeno nejdříve na zapůjčeném vozidle. Ve finále je tento signál uměle modelován a generován arbitrary generátorem Tabor Electronics.

Měření snímačů teploty bylo nejméně obtížné, naměřené výsledky téměř odpovídají předepsaným hodnotám, které udává výrobce. Z naměřených průběhů obvodů snímačů teplot vyplývá, že ve skutečnosti řídicí jednotka nevyužívá jen termistory s NTC prvky, ale také platinové odporové snímače pro snímání teplot výfukových plynů. Při měření snímačů hmotnosti nasávaného vzduchu a plnicího tlaku jsem využíval dvě různé sériové diagnostiky. Díky tomuto jsem zjistil rozdíly v měření jednotlivých zařízení a vzájemně různé ovlivňování měřených veličin.

Z měření obvodů pedálu akcelerace vyplývá, že řídicí jednotka nezaznamená chybu při záměně za jiný pedál, jestliže je dodržen správný odporový rozsah nebo v tomto případě vhodně upraven. Také je tento signál snímán pouze z jedné odporové dráhy, nikoli ze dvou, kterými disponuje originální pedál určený pro tuto řídicí jednotku.

Na základě výše uvedených skutečností je zřejmé, že realizovaný panel s řídicí jednotkou BOSCH EDC 16 je plně funkční a lze jej tak využít pro laboratorní výuku předmětu automobilová elektronika II.

6 Seznam použité literatury a zdrojů

Literatura

- [1] Ing. Zdeněk Jan, Ing. Bronislav Ždánský *Automobily 4 – příslušenství* 4. vyd. Brno 2005: Avid spol s.r.o. 305 s. ISBN 80-903671-0-0
- [2] BOSCH *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory* 1.vyd. Praha 2005: Robert Bosch GmbH 95 s. ISBN 80-903132-7-2
- [3] BOSCH *Elektronická regulace vznětových motorů EDC* 1.vyd. Praha 2002: Robert Bosch GmbH 95 s. ISBN 80-903132-4-8
- [4] Štěpán Jičínský *Osciloskop a jeho využití v autoopravářské praxi* 1.vyd. Praha 2006: Grada Publishing, a. s. 240 s. ISBN 80-247-1417-5
- [5] RIBBENS, B.,W.: *Understanding Automotive Electronics*, 6. vyd., USA 2003, Elsevier Science, 480 s., ISBN 0-7506-7599-3
- [6] Vlk František *Elektronické systémy motorových vozidel*, 1. vyd. Brno 2002: Prof. Ing. František Vlk, 298 s., ISBN 80-238-7282-6.

Internetové zdroje

- [7] <http://autodata-online.net/OnlineEA/Chapters/UI/ChooseDataCategory.aspx> [cit.2014-05-04]

7 Seznam příloh

Příloha [A] - popis zapojení pinů řídicí jednotky BOSCH EDC16U34 vozidla Škoda Superb II 2.0 TDI PD 103kW, BMP

Příloha [B] - schéma zapojení řídicí jednotky BOSCH EDC16U34 vozidla Škoda Superb II 2.0TDI PD 103kW, BMP

Příloha [C] - popis zapojení diagnostické zásuvky a napětí pro komunikaci s řídicí jednotkou na laboratorním panelu

Příloha [D] - laboratorní úloha